

REVISTA

FACULTAD NACIONAL
de AGRONOMÍA
Medellín

VOLUMEN 67

(Suplemento II)

Junio 2014



**REVISTA
FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA MEDELLÍN**

Órgano divulgativo de la Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

IICTA 2014



Organiza:



Apoyan:



**II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en
Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos – IICTA 2014**

Innovación, Desarrollo y Bienestar: Desafíos del Sector Alimentario

27 al 30 de mayo de 2014

Suplemento II – 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

IGNACIO MANTILLA PRADA
RECTOR

CARLOS ALFREDO SALAZAR MOLINA
VICERRECTOR – SEDE MEDELLÍN

JAIRO ALEXANDER OSORIO SARAZ
DECANO – FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Felipe Bravo Oviedo, Ingeniero de Montes, D.Sc.
Universidad de Valladolid
Valladolid, España

Carlos Gracia López, Ingeniero Agrónomo, D.Sc.
Universidad Politécnica de Valencia
Valencia, España

Elhadi M. Yahia, Licenciado en Horticultura, Ph.D.
Universidad Autónoma de Querétaro
Querétaro, México

Aixa Ofelia Rivero Guerra, Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Centro Europeo de Estadística Aplicada
Sevilla, España

José Luis Crossa, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Texcoco, México

Walter Motta Ferreira, Zootecnista, D.Sc.
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Brasil

Nicolás Walter Franck Berger, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Universidad de Chile
Santiago de Chile, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Período 2013 – 2014

Edith Marleny Cadena Chamorro, Ingeniera Química, Ph.D. – Directora

José Régulo Cartagena Valenzuela, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Juan Evangelista Carulla Fornaguera, Zootecnista, Ph.D.

Héctor José Ciro Velásquez, Ingeniero Agrícola, D.Sc.

Ángel María Giraldo Mejía, Zootecnista, D.Sc.

Albeiro López Herrera, Médico Veterinario, Zootecnista, D.Sc.

Néstor Javier Mancera Rodríguez, Biólogo, D.Sc.

Mauricio Marín Montoya, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Juan Gonzalo Morales Osorio, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Sergio Orrego Suaza, Ingeniero Forestal, Ph.D.

Jaime Polanía Vorenberg, Biólogo Marino, D.Rer.Nat.

Mauricio Alberto Salazar Yepes, Ingeniero Agrónomo, D.Sc.

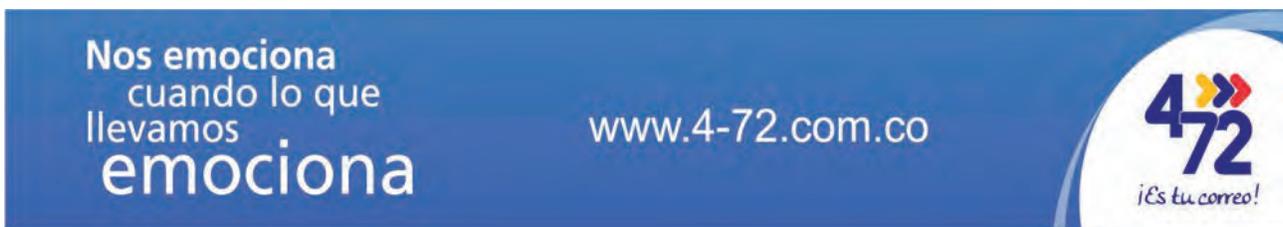
COORDINACIÓN

Sandra Inés Puerta Arango, Administradora de Empresas

Periodicidad: Semestral
Admitida en las Bases Bibliográficas: Scielo (Scientific Electronic Library Online)
Ulrich's Periodicals Directory
Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)
Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)
Teal (The Essential Electronic Agricultural Library), Cornell University
Field Crop Abstracts
Forestry Abstracts
Plant Breeding Abstracts
Índice Agrícola de América Latina y el Caribe
Índice Bibliográfico Nacional – Publindex COLCIENCIAS – CATEGORÍA A2

Portada: Acuarela Edificio Facultad Nacional de Agronomía, Medellín
Klara Torres Restrepo
Correo electrónico: klaratorres@hotmail.com
Teléfono: (* 4) 217 56 35

Dirección postal: Apartado Aéreo 568, Medellín, Colombia
Dirección electrónica: rfnagron_med@unal.edu.co
Página Web: <http://www.medellin.unal.edu.co/cienciasagrarias/index.php/la-facultad/revistas-fna>
Teléfono: (* 4) 430 90 06; Fax: (* 4) 230 04 20
Forma de adquisición: Canje, compra
Precio del ejemplar: \$35.370 – US\$18
Valor de la suscripción anual (dos ejemplares): \$64.845 - US\$33
Formato: 215, 9 mm x 279,4 mm
ISSN: 0304-2847
ISSN formato web: 2248-7026
Licencia Ministerio de Gobierno: 275/64



TARIFA POSTAL REDUCIDA No. 2014 - 483 4-72 LA RED POSTAL DE COLOMBIA
VENCE: 31 DE DICIEMBRE DE 2014



COMITÉ ORGANIZADOR O EJECUTIVO

Dr. Misael Cortés Rodríguez

Presidente del IICTA 2014.

Dr. Jairo Alexander Osorio Saraz

Decano de la Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Dra. Carolina Toloza Rivera

Secretaría de Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

COMITÉ ACADÉMICO

Dr. Misael Cortés Rodríguez, Presidente del IICTA 2014.

Dr. Jesús Humberto Gil G., Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Dra. Edith Marleny Cadena, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Dr. Eduardo Rodríguez Sandoval, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Dr. Juan Diego Torres, Universidad de Antioquia.

Dra. María Elena Maldonado, Universidad de Antioquia.

Dr. Andrés Felipe Ríos, Universidad Pontificia Bolivariana.

Dra. Ana María Restrepo, Corporación Universitaria LaSallista.

COMITÉ CIENTÍFICO IICTA 2014

Dr. Aldo Germán Benavidez ()

Dr. Armando Álvis

Dr. Carlos Mario García

Dr. Alejandro Fernández

Dra. Ayda Rodriguez de Stouvenel

Dra. Carolina Arboleda

Dr. Alfredo Ayala Aponte

Dr. Benjamín Alberto Rojano

Dra. Catalina Álvarez López

Dra. Amanda Consuelo Díaz Moreno

Dra. Bibiana Arango Álzate

Dra. Claudia Ochoa

Dra. Ana María Restrepo

Dra. Blanca Cecilia Salazar

Dra. Claudia Ramírez

Dr. Andrés Felipe Ríos

Dr. Byron Daniel Yépez Villareal

Dra. Coralia Osorio

Dra. Ángela Adriana Ruiz

Dr. Carlos Alberto Fuenmayor

Dra. Cristina Ramírez

Dr. Aníbal Orlando Herrera Arévalo

Dr. Carlos Augusto Hincapié

Dra. Claudia Denise de Paula

Dr. Antonio Mulet Pons ()

Dr. Carlos Eduardo Orrego

Dra. Claudia Restrepo

Dr. Antonio Vega Gálvez

Dr. Carlos Fernando Novoa

Dra. Diana María Orozco



- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Dra. Diana María Granda Restrepo | Dr. Jorge Saavedra | Dr. Marilza Ruiz Ruiz |
| Dra. Diana Patricia Giraldo | Dr. José Manuel Barat Baviera | Dra. María Vargas |
| Dr. Diego Alonso Restrepo | Dr. José del Carmen Contreras | Dra. María Ximena Quintanilla |
| Dr. Diego Luis Durango Restrepo | Dr. José Edgar Zapata | Dr. Mario Arias |
| Dr. Dominique Dufour | Dr. José Uriel Sepúlveda | Dr. Maritza Andrea Gil |
| Dr. Edgar Vargas | Dr. José Víctor Higuera | Dra. Martha Quicazán |
| Dr. Edilson León Moreno | Dr. Juan Camilo Oviedo | Dra. Martha Alicia Cadavid Castro |
| Dra. Edith Marleny Cadena | Dr. Juan Diego Torres | Dra. Mauren Paola Ardila |
| Dr. Eduardo Rodríguez Sandoval | Dra. Julia María Monsalve | Dr. Maximiliano Kammerer López |
| Dra. Elena Carrasco Jiménez | Dr. Julián Londoño | Dr. Miguel Sierra Pereiro |
| Dr. Fernando Álvarez | Dra. Karina C. Di Scala | Dr. Nelson Gutiérrez |
| Dra. Francia Elena Valencia | Dra. Karina Motato Rocha | Dr. Néstor Ariel Algecira Enciso |
| Dr. Francisco Castellanos | Dr. Katerine Manjarres | Dra. Noemi Zaritzky |
| Dr. Francisco Heredia Mira | Dra. Laura González Zapata | Dra. Nuria Martínez Navarrete |
| Dr. Gabriel Lorenzo | Dra. Ligia Inés Rodríguez | Dra. Olga Lucía Martínez |
| Dra. Gemma Moraga Ballesteros | Dra. Liliana Serna Cock | Dr. Oscar Ochoa |
| Dr. Gerardo González Martínez | Dra. Lina María Vélez | Dr. Oscar Julio Medina |
| Dr. German Giraldo Giraldo | Dra. Loreto Muñoz Hernández | Dr. Oscar Vega Castro |
| Dra. Graciela Bugueño B. | Dr. Lorenzo Fuentes | Dr. Oswaldo Osorio Mora |
| Dr. Guillermo Arrázola | Dr. Luis Eduardo Díaz | Dra. Paola Andrea Zapata Ocampo |
| Dr. Guillermo Salamanca | Dr. Luis Eduardo Ordoñez | Dra. Piedad Montero |
| Dr. Héctor Suarez Mahecha | Dr. Luis Eduardo Henríquez | Dra. Piedad Gañán Rojo |
| Dr. Héctor Ciro Velásquez | Dr. Luis Felipe Gutiérrez Álvarez | Dra. Purificación García |
| Dr. Héctor Samuel Villada | Dr. Luis Puente Díaz | Dr. Rafael García |
| Dr. Henry Váquiro | Dra. Luz Mary Montes Ramírez | Dr. Ricardo David Andrade Pizarro |
| Dr. Hugo Alberto González | Dra. Luz Indira Sotelo Díaz | Dr. Ricardo Simpson |
| Dr. Hugo Alexander Martínez Correa | Dr. Luz María Álzate | Dr. Ricardo Villalobos Carvajal |
| Dr. Hugo Restrepo Pulgarín | Dra. Luz Patricia Restrepo Sánchez | Dr. Robín Zuluaga Gallego |
| Dr. Igor HpLeap | Dra. Mabel Milena Torres | Dr. Rodrigo Velazco |
| Dra. Isabel Cristina Carmona | Dra. Magda Ivón Pinzón | Dr. Roger de Hombre |
| Dr. Jaime Pérez | Dra. Margarita Enith Ramírez | Dra. Ruth Yolanda Ruiz |
| Dr. Jahir Orozco Holguín | Dra. Margarita Rosa Arteaga | Dr. Saul Dussan |
| Dr. Jairo Alexander Osorio | Dra. María Elena Maldonado | Dra. Seneida María Lopera Cardona |
| Dr. Jairo Humberto López | Dra. María Isabel González | Dra. Sneyder Rodríguez Barona |
| Dr. Jairo Patiño Gómez | Dra. María Piedad Arcila | Dr. Willian Albarracín H. |
| Dr. Jesús Humberto Gil | Dra. María Soledad Hernández | Dra. Yineth Piñeros |



CONFERENCISTAS CENTRALES

- 1 Dra. Amparo Chiralt Boix Universidad Politécnica de Valencia, España
- 2 Dr. Marcelo Daniel Ghezzi Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina
- 3 Dr. Elkin Alonso Cortés Marín Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
- 4 Dr. Fereidoon Shahidi Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada.
- 5 Dr. Francisco José Heredia Mira Universidad de Sevilla, España
- 6 Dr. Gustavo Fidel Gutiérrez Instituto Politécnico Nacional de México, México
- 7 Dr. Miguel Sierra Pereiro Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA Uruguay
- 8 Dr. Yrjo Roos University College Cork Ireland
- 9 Dr. Diego A. Moreno Fernandez Coordinador Red CYTED 112RT0460 – CORNUCOPIA C.E.B.A.S. – CSIC Food Science & Technology Department Campus de Espinardo - MURCIA, SPAIN
- 10 Dr. José María Lagarón Head of the Novel Materials and Nanotechnology Group Institute of Agrochemistry and Food Technology (IATA) Paterna, SPAIN <http://www.iata.csic.es/~conlag/>
- 11 Dr. Matteo Scampicchio Free University of Bozen – Bolzano Leonardo da Vinci Straße, Bozen/Bolzano – Italy

CONFERENCISTAS SALAS TEMÁTICAS

- 1 Dra. Coralia Osorio Universidad Nacional de Colombia
- 2 Dr. Germán A. Giraldo Giraldo Universidad del Quindío
- 3 Dr. Héctor Samuel Villada Universidad del Cauca
- 4 Dr. Hector Suarez Mahécha Universidad Nacional de Colombia
- 5 Dr. Edgar David Ordoñez Lab Instruments Ltda
- 6 Dr. Carlos E. Orrego A. Universidad Nacional de Colombia
- 7 Dr. Aldo Germán Benavidez Universidad de Antioquia
- 8 Dra. María Elena Maldonado Universidad de Antioquia
- 9 Dr. Alfredo A. Ayala Aponte Universidad del Valle
- 10 Dra. Liliana Serna Cock Universidad Nacional de Colombia
- 11 Dr. Luis Felipe Gutiérrez Álvarez Universidad Nacional de Colombia
- 12 Dra. Martha C. Quicazán de Cuenca Universidad Nacional de Colombia
- 13 Dra. Carmenza Liliana López Patiño Universidad del Cauca
- 14 Dr. Hugo Alexander Martínez Universidad Nacional de Colombia
- 15 Dr. Luis Puente Díaz Universidad de Chile
- 16 Dra. Piedad Gañan y Dr. Robin Zuluaga Universidad Pontificia Bolivariana
- 17 Dr. Willian Albarracin Universidad de Nariño
- 18 Dr. Anibal Orlando Herrera Arevalo Universidad Nacional de Colombia
- 19 Dra. Sneyder Rodríguez Barona Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
- 20 Dr. Adrián Santamaría Moreno Olarte Moure Y Asociados
- 21 Dra Sandra Patricia Tascon Ingredion Colombia S.A.



Presentación

En nombre de la Universidad Nacional de Colombia, hago extensiva una cordial bienvenida a la Ciudad de Medellín, galardonada en el año 2013 como la ciudad más innovadora del mundo, sede del II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos – IICTA 2014, que se realizará del 27 al 30 de mayo de 2014.

El objetivo del IICTA 2014 fue contribuir en la formación de estudiantes, profesionales e industriales del área de alimentos y afines, mediante la socialización de los últimos avances científicos-tecnológicos y en materia de innovación en el sector a nivel nacional e internacional, que permitiera la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico, y su transferencia a la sociedad. Se pretendió promover la cultura de investigación y la integración de los distintos actores del sector alimentario (investigadores, estudiantes, profesionales, industriales, asociaciones, agremiaciones y entes gubernamentales relacionados), generando un espacio de reflexión y debate, para la inserción de la I+D+i como alternativa de solución a las problemáticas del sector, la transferencia tecnológica en la industria de Alimentos y la conformación de redes de conocimiento.

El IICTA 2014 se planificó en su programa científico, con una cobertura en temas de actualidad enmarcados dentro de la Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos, siendo sus conferencistas invitados de renombre internacional; adicionalmente, se ofreció a sus participantes la realización de 4 cursos precongreso: Ciencia de los Coloides Aplicada en Alimentos, Colorimetría Triestímulo Aplicada en Alimentos, Desafíos del sector alimentario, bienestar animal y su importancia en la calidad de la carne y Application of nanotechnology in the food quality assesment. El IICTA 2014 proyectó una cobertura mínima de 850 participantes, promoviendo la presentación de 160 trabajos de investigación en la modalidad oral y 350 en la modalidad de poster, los cuales se enmarcaron en diez (10) áreas temáticas. Igualmente, se programó la realización de una mesa redonda para la creación de la red colombiana de investigación e innovación agroalimentaria (RedCCIA), con representantes de universidades, empresas, centros de investigación, agremiaciones y asociaciones, entre otros, y la realización de una muestra comercial, donde se exhibieron equipos, literatura y servicios del sector agroalimentario.

El IICTA 2014 se realizó en el Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe, el cual se constituye en un museo vivo en un entorno natural, cuyas colecciones están científicamente organizadas; en el Herbario JAUM se conservan las colecciones exicadas o secas; las colecciones documentales están contenidas en la Biblioteca Andrés Posada Arango; mientras las colecciones vivas conforman el hermoso refugio de plantas de diversos grupos y especies, que todos podemos disfrutar en pleno corazón de la ciudad.

El IICTA 2014 recibió los trabajos de investigación en forma de artículos cortos, para ser presentados en el formato de póster o presentación oral. Los artículos cortos se publican en el presente suplemento de la Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, indexada en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, COLCIENCIAS, como categoría A2.

Misael Cortés Rodríguez
Presidente IICTA 2014



REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA MEDELLÍN

Órgano divulgativo de la Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

CONTENIDO

AT1	Ingeniería y Tecnología de procesos Agroalimentarios	15
AT2	Ciencia de Materiales Alimentarios.....	473
AT3	Alimentos Funcionales, Nutrición y Salud	603
AT4	Microbiología y Aseguramiento de Calidad.....	771
AT5	Bioteología en Alimentos.....	879
AT6	Nanotecnología en Alimentos	1015
AT7	Seguridad Alimentaria	1043
AT8	Gestión y Transferencia de Tecnología en la Industria de Alimentos.....	1109
AT9	Evaluación Sensorial y Consumidores	1131
AT10	Agroindustria Sostenible	1185



Ingeniería y Tecnología de Procesos Agroalimentarios

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO ARTÍCULOS CORTOS

Evaluación Sensorial de Cuatro Diferentes Formulaciones de Salchichas Elaboradas con Carne de Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) <i>José Igor Hleap Zapata; Yisell Vanessa Romero Erazo</i>	27
Cinética de la Dureza de una Barra de Cereal con Polen Apícola Durante el Almacenamiento <i>Ana Ruby Correa Mosquera; Diana Carolina Longo Ordoñez; Claudia Hernández Londoño; Marta Cecilia Quicazán</i>	29
Efecto del Microondas en Concentración de Ácido Ascórbico y Color Superficial de Algunos Vegetales Durante la Cocción <i>William Franco Ballesteros, Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan y Luis Eduardo Ordoñez Santos</i>	31
Estudio de la Interacción de Proteínas de Leche y Soya durante la Preparación de Yogur <i>Ana María Giraldo Menassé; Ana Milena Díaz Bautista; Gerardo González-M; Sara Pacheco-P; Bernadette Klotz; Oscar Alberto Álvarez Solano; Andrés Fernando González Barrios</i>	34
Antocianos y Otros Compuestos Bioactivos Característicos de los Vinos Tintos: Incidencia de la Variedad de Uva y de Técnicas de Vinificación Innovadoras <i>Gustavo González-Neves; Guzmán Favre y Diego Piccardo</i>	37
Alternativa de Secado de Flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>) Mediante Ventana de Refractancia y Aire Caliente <i>María Fernanda Jiménez, Jose David Cárdenas, Alfredo Ayala-Aponte y Jaime Restrepo</i>	40
Cocción por Extrusión de Harina de Batata Biofortificada <i>María Fernanda Jiménez, Sonia Gallego, Alejandro Fernández</i>	42
Influencia del Almacenamiento sobre la Calidad Postcosecha de dos Nuevas Variedades de Arveja (<i>pisum sativum l.</i>): Alcalá y Sureña <i>Laura Inés Latorre Vásquez, Diego Fernando Mejía-España, y Oswaldo Osorio Mora</i>	44
Tratamiento Enzimático en la Extracción Mecánica de Aceite de Semilla de Mango, <i>Mangifera indica L.</i> <i>Martha del Pilar López Hernández; Angélica Sandoval Aldana y Jorge Valencia Montoya</i>	46
Efecto de la Pasterización de Leche Bovina en Módulo Piloto Diseñado para Intercambio Térmico <i>Olga Lucía Martínez Alvarez; Jhon Milciades Morales Castro; Luis Danilo Porras Barrientos; Oscar Albeiro Quintero Cardona</i>	48
Parámetros Físicoquímicos de Referencia Comercial de Algunas Mielles del Departamento del Quindío <i>Jairo Montoya López, Víctor Hugo García Merchán y Juan Carlos Lucas Aguirre</i>	51
Evaluación de Efectos de Pasteurización Sobre la Inactivación de Peroxidasa en Pulpa de Tomate de Árbol (<i>Solanum betaceum (Cav.) Sendtn</i>) <i>Margareth Santander-Muñoz; Oswaldo Osorio Mora y Diego Mejía-España</i>	53
Incidencia de Condiciones Ambientales de Maduración en Rendimiento y Características Sensoriales del Queso Semi-madurado Paipa <i>Miguel H. Mazzeo Meneses; Oscar A. Ospina Velásquez; José F. González Aristizabal</i>	55
Clarification Treatment Influence on Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>) Juice Composition and Sensory Acceptance <i>Raquel Oriana Díaz S., Juliana Erika C. Cardona; Marcela Carrillo; Rafael H. Gutiérrez B., Maria Soledad Hernández G.</i>	58

Efecto de un Pretratamiento Enzimático en la Obtención de Aceite de Semilla del Mango <i>Francy Juliette Rojas Morales, Fernando Burbano Galindo, Patricia Millán Cruz, Claudia Isabel Ochoa Martinez</i>	60
Deshidratación Osmótica de Banano Bocadoillo (<i>Musa acuminata Colla</i>) <i>Angela María Ormaza-Zapata ; Alfredo A. Ayala-Aponte; Claudia L. Vargas-Serna</i>	62
Aceites Esenciales de Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) y Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>) como Desinfectantes de Hortalizas Frescas <i>Vanessa Valeria Vaca; Milton Rubén Ramos y Mónica del Pilar Silva</i>	64
Influencia del Aceite Esencial de Naranja Lima en Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas Comestibles. <i>Andrés Acevedo, Pablo Rodríguez y Héctor Suarez</i>	67
Conservación de la Mora (<i>Rubus glaucos Benth</i>) por los Métodos Combinados de Osmodeshidratación – Deshidratación por Aire Caliente <i>Jesús Antonio Galvis V; Marcela Guzmán R; Ludy Yohana Zambrano A</i>	69
Efecto de Tratamientos de Ultrasonido en el Tiempo de Secado por Aire de Trozos de Piña y Mango <i>Carlos E. Orrego; Natalia Salgado; Eva G. Vásquez</i>	71
Efecto del Tratamiento Térmico el Contenido de Aminoácidos de Harina de Plátano de Dos Clones <i>Pablo Rodríguez, Elevina Pérez</i>	73
Estudio de la Transferencia de Masa Durante el Proceso de Tostion del Café Variedad Castillo <i>Agustín Cardona Naranjo; Félix Octavio Díaz Arango; Luis Fernando Mejía Gutiérrez</i>	75
Viabilidad de Bacterias Acido Lácticas en una Bebida de Quinoa durante el Almacenamiento <i>Fanny Ludeña; Melissa García; Ritva Repo-Carrasco; Carme Plumed-Ferrer</i>	77
Determinación de Sólidos Solubles y Sedimentos Durante la Criocentración en Bloque de Extracto de Café <i>Fabián Leonardo Moreno; Ángela J. Hernández; Yerson Moreno; Yolanda Ruíz</i>	80
Efecto de los Ingredientes y la Temperatura en la Calidad de Barras de Mango Extruidas <i>Natalia Salgado; Eva Gisselle Vásquez; Carlos E. Orrego</i>	82
Evaluación de las Propiedades Funcionales de la Harina de Yuca Waxy y HMC-1 en Panificación <i>María A. Ospina; Jhon L. Moreno; Teresa Sánchez; Hernan Ceballos; Nelson Morante; Dominique Dufour</i>	85
Aplicación de Agua Ozonizada como Técnica de Conservación del Café Pergamino Húmedo <i>Jenny P. Pabón Usaquén ; Aida E. Peñuela Martínez</i>	88
Evaluación Físico-Química de los Clones de Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) CCN51, EET96, ICS1, ICS60, Cultivados y Beneficiados en Yalí-Antioquia <i>Lina María Cardona Velásquez, Edith M. Cadena Chamorro</i>	90
Optimización del Proceso de Extracción de Almidón de Yuca en la Zona Norte del Cauca <i>Gonzalo Mauricio Jaramillo Hurtado; José Luis Hoyos Concha; Gustavo Adolfo Vélez H; Cindy Lemos Materón; Gloria Liliana Rojas; Héctor Samuel Villada C.</i>	92
Estabilización de Zumo de Naranja Valencia (<i>Citrus sinensis</i>) con Goma Xantán y Carboximetilcelulosa <i>Lucas Aguirre, Juan Carlos, Reyes Pineda, Henry y Quintero Castaño, Víctor Dumar Quintero</i>	95
Encapsulación Molecular de Hesperidina Obtenida de Desechos de Cáscara de Cítricos (<i>Citrus sinensis</i>) <i>Angeles Sánchez Contreras, Manuel O. Ramírez Sucre, Neith A. Pacheco López e Ingrid Rodríguez Buenfil</i>	97
Evaluación de la Osmodeshidratación en la Crioprotección de Muestras de Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) <i>Alfredo Ayala Aponte y Martha Isabel Cadena</i>	99
Efecto de 1-Metil Ciclopropeno sobre la Calidad Poscosecha del Aguacate Hass (<i>Persea americana Mill</i>) en Colombia <i>Andrés F. Rios; Esteban Zapata; Jaime A. Barajas; Margarita L. Castro; Johanna Ramírez; Julián D. Arias; Lina M. Vélez A; Gustavo A. Hincapié; Juan C. Palacio; Robín Z. Gallegoy Felipe A. Gómez</i>	101
Alternativa de Conservación de Muestras de Plátano (<i>Musa paradisiaca L.</i>) Mediante Tratamientos Osmóticos Binarios y Ternarios <i>Claudia Liliana Zuluaga G.; Alfredo Adolfo Ayala A. y Angela María Ormaza Zapata</i>	104
Harina Precocida de Mezclas de Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) y Millo (<i>Pennisetum glaucum</i>) Obtenida por Extrusión <i>Jeremy Giraldo M, David Soto O, Harold Acosta Z.</i>	106

Reconfiguración de Granos de Arroz a Partir de Subproductos del Pulido del Grano, Utilizando un Proceso de Extrusión <i>Laura Almendares Calderón</i>	110
Efecto del Proceso de Cocción Sobre la Firmeza de Plátanos Hartón y Guayabo <i>Cristina Inés Álvarez y Alejandro Fernández Q.</i>	112
Evolución de la Fermentación en Mosto de Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>) y Cholupa (<i>Passiflora maliformis</i>) <i>Claudia Amorochoco C.; Cindy Bernal I. ; Daniel Castro C.</i>	114
Modelos para predecir el factor de esparcimiento máximo de formulaciones de recubrimiento de gelatina <i>Ricardo D. Andrade, Olivier Skurtys, Fernando Osorio</i>	117
Microencapsulation of Annatto (<i>Bixa orellana L.</i>) Seed Extract: Yield, Encapsulation Efficiency and Color Characteristics <i>Serra, C. F. V; Aranha, C. P.M; Telis, V. R. N.</i>	119
Reducción de la Acidez de Chips de Oca (<i>Oxalis Tuberosa</i>) por Fritura al Vacío <i>Andrés Suntaxi; Gabriela Vernaza; Juan Bravo</i>	122
Caracterización de Algunas Propiedades Físicoquímicas de Feijoa (<i>Acca sellowiana Berg</i>) Durante la Poscosecha <i>Diego A. Castellanos; Deissy R. Herrera; Anibal O. Herrera</i>	124
Metodología de Superficie de Respuesta en la Fritura por Inmersión de Rodajas de Plátano <i>Francisco Castellanos-Galeano; Claudia Ochoa-Martínez; Carlos Vélez Pasos.</i>	126
Modelamiento Matemático de la Ganancia de Aceite en Fritura por Inmersión de rodajas de Plátano <i>Francisco Castellanos Galeano; Claudia Ochoa Martínez; Carlos Vélez Pasos</i>	128
Efecto de Pulsos Eléctricos en los Componentes Bioactivos de Pulpa de Agraz (<i>Vaccinium meridionale swartz</i>) <i>Ingrid P Hower G. . Maryuri Ríos P, María Patricia Chaparro-González</i>	131
Técnica para el Estudio de Cinéticas de Secado de Gotas en el Secado por Aspersión <i>Alfonso Cubillos-Varela; Vanessa González-Torres; Claudia Ochoa-Martínez; Alejandro Fernández-Quintero; Alexander Gómez-Mejía1</i>	133
Propiedades Viscoelásticas del Queso Mozzarella <i>Roger de Hombre Morgado; Ivania Rodríguez Álvarez</i>	135
Efecto del Tipo de Corte y Tipo de Empaque en Zanahoria (<i>Daucus carota</i>) Fresca Cortada <i>Saul Dussán-Sarria; Carlos García-Mogollon</i>	136
Programación Integral de un Ambiente flexible Flow Shop que Minimiza la Tardanza Total Ponderada <i>Rafael Guillermo García Cáceres; Eliana María González Neira ; Juan Pablo Caballero Villalobos; Nelson Vladimir Yépes González; Nestor Andres Carreño Fandiño y Oscar Orlando Ortiz Rodríguez</i>	138
Evaluación por Dos Métodos in vitro de Actividad Antimicrobiana de Propóleos Frente a Algunos Microorganismos de Interés Alimentario <i>Jessica Gómez; Nataly Peña; Camila Pérez; Carolina Gutiérrez-Cortés; Héctor Suarez Mahecha</i>	140
Influencia de Emulsiones de Impregnación Antiparadeantes sobre el Color de la Papa Durante el Almacenamiento <i>Deisy Hernández B.; Misael Cortes Rodríguez ; Francisco Castellanos y Cynthia Stephanie Tobón Castrillón</i>	143
Extracción de Cafeína a Partir del Café Tostado (<i>Coffea Arabica</i>) por Medio de Fluidos Supercríticos <i>Sara Hincapié Avila; Blanca Lucía Cardona Salazar; Julián Londoño Londoño; Ana María Restrepo Duque</i>	146
Aprovechamiento de Segundas, Terceras y Subproductos de Cosecha de Plátano <i>Libardo León Agatón; Luis Fernando Mejía Gutiérrez; Clara Elsy León Correal</i>	149
Evaluación del Almacenamiento de Pandebono Enriquecido con Hierro <i>Julián Alfredo López Tenorio; Eduardo Rodríguez-Sandoval y José Uriel Sepúlveda Valencia</i>	151
Desarrollo de Snack con Mezclas de Piel y Pulpa de Tilapia Nilótica (<i>Oreochromis niloticus l</i>) <i>Patricia Miranda Villa; Gloria González Blair; Juliana Pardo Castiblanco</i>	153

Evaluación de los Parámetros de Color del Efecto de Achiote (<i>Bixa orellana</i> L.) como Sustituto Parcial de Nitritos y Rojo Punzo en un Producto Cárnico. <i>Julián Quintero Quiroz; Gelmy Ciro Gomez; José Edgar Zapata Montoya</i>	155
Evaluación del Índice de Daño de Botrytis Cinérea con Aplicación de Ácido Salicílico en Frutos de Mora de Castilla (<i>Rubus Glaucus Benth</i>) <i>Alexa Patricia Quiñones Guarnizo; Juan Pablo Quintero Cerón; Daniel Alexander Méndez Reyes; Yanneth Bohórquez Pérez</i> ...	158
Elaboración de Mazamorra Morada Light Mediante Sustitución de Azúcar y Almidón por Sucralosa y Carragenina <i>Gladys Tarazona R.; Oscar B. Jordan S.</i>	161
Composición Química de Aceites Esenciales de <i>Origanum vulgare ssp</i> , Cultivados en el Norte de Bolívar (Colombia) <i>Miladys Esther Torrenegra Alarcón; Jesús Gil González; German Eduardo Matiz Melo; Glicerio León Méndez</i>	163
Evaluación del Color durante la Decoloración en Frio de Aceite de Soya (Glicynemax) <i>Samuel David Vargas y Pablo Emilio Rodríguez</i>	166
Effect of the Two-Stage Drying Method on Carotenes Retention in Carrots <i>Laís Ravazzi Amado, Katieli Martins Todisco, Lara Borghi Virgolin, Natália Soares Janzanti and Maria Aparecida Mauro</i>	168
Cámara de Ambiente Controlado Para la Conservación y Maduración de Alimentos <i>Jorge Andrés Cardona Gil; Juan Pablo Pazos Urrea; Marisol Osorio; Carlos Augusto Hincapié y César Alejandro Isaza</i>	170
Cinética de Degradación Térmica del Ácido L-ascórbico en Jugo de Curuba (<i>Passiflora tripartita</i> variedad <i>Mollissima</i>) <i>Darwin Carranza-Saavedra; Daniel Alexander Méndez Reyes; Henry Alexander Váquiro Herrera; José Fernando Solanilla Duque</i>	173
Aplicación de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en la Evaluación de la Estabilidad del Polen Apícola Deshidratado <i>Andrés Durán-Jiménez; Martha Cecilia Quicazán</i>	175
Efecto del Ultrasonido de Sonda en el Overrun de Helado de Crema <i>Angélica María Lombana L; Sebastián Camilo Ramos L ; Johanna Andrea Serna; Luz Indira Sotelo D.</i>	177
Drying of Papaya Seeds (Carca papaya L.) <i>Anderson V.V. Oliveira; Stela L.R. Mendonça; José Osmar S. Dantas¹; Kênia G. Cosmo; Arthur. C. Lima; Esmeralda P. Santos and Ricardo T. Moreira</i>	180
Efectos de dos Recubrimientos sobre la Calidad de la Papaya (Carica Papaya) Variedad Tainung <i>Abraham Miranda, Armando Alvis, Guillermo Arrazola</i>	183
Aplicación de Pulsos de Vacío en la Osmodeshidratación de Mango Verde con Soluciones Ternarias <i>Andrea Molina Cortés; Alfredo Adolfo Ayala- Aponte; Ángela María Ormazza Zapata</i>	185
Absorción de Aceite y Difusividad Térmica en el Freído por Inmersión de Yuca ICA-Costeña <i>Fabián Alberto Ortega Quintana, Víctor Javier González Peña y Marlon David Vizcaíno Pacheco</i>	187
Comportamiento de un Recubrimiento Comestible Emulsionado para Prolongar la Vida Útil de la Mora de Castilla (<i>Rubus Glaucus Benth</i>) <i>Alexa Patricia Quiñones Guarnizo; Juan Pablo Quintero-Cerón; Daniel Alexander Méndez Reyes; Yanneth Bohórquez Pérez y Claudia Patricia Valenzuela Real, Andrea Paola Rodríguez Triviño, Walter Iván Gutiérrez Sánchez, Jairo Humberto López Vargas, Héctor Suarez Mahecha</i>	189
Rendimientos en Carcasas y Filetes de Cuatro Especies Cultivadas en el Departamento del Meta, Colombia <i>Andrea Paola Rodríguez Triviño, Walter Iván Gutiérrez Sánchez, Jairo Humberto López Vargas, Héctor Suarez Mahecha</i>	192
Caracterización y Clasificación de Aceites de Oliva en Base a Condiciones de Precosecha Mediante Análisis de Componentes Principales y Orthogonal Partial Least Square (O-PLS). <i>Jorge Saavedra, b. , Nalda Romeroc, Betsabe Sepulvedac, Francisco Tapiad, Andrés Córdovaa, Carolina Astudilloa, y Lea Toledoa</i>	194
Variación del Contenido de Polifenoles, Alcaloides y Grasa en Cacao Fino de Aroma (<i>Theobroma cacao</i> L.) Proveniente de la Amazonia Ecuatoriana	

<i>Salazar Diego; Yanzapanta Gabriela; Samaniego Iván; Espín, Susana</i>	197
Efecto de la Extrusión en las Propiedades Físicas de un Alimento para el Sector Acuícola <i>Sandra Magally Sanchez, José Luis Hoyos, Jeimmy Rocio Bonilla</i>	199
Retention of Vitamin C in Microencapsulated Guavira Pulp by Spray Drying <i>Vinícius Soares de Oliveira; Eliana Janet Sanjinez-Argandoña; Ariana Alves Vieira; Rodney Alexandre Ferreira Rodrigues</i>	202
Influencia de la Temperatura de Secado en Calidad de Derivados de Babasú (<i>Orbignya speciosa</i>) <i>Marcia Paisano Soler; Roseli Aparecida Ferrari; Pedro Vinicius MerliAlves</i>	204
Aplicación de Tratamiento Enzimático en la Elaboración de una Bebida de Tomate de Arbol (<i>Solanum betaceum</i>). <i>Alexia Torres, Doris Hernández</i>	208
Evaluación del Color Durante la Deshidratación de Manzana Royal (<i>Malus domestica</i>) <i>Fabián Valencia; Pablo Rodríguez y María Soledad Hernández</i>	210
Production and Stability at Freezing Temperature of Betalains Obtained from Red Beet Extract (<i>Beta vulgaris L.</i>) <i>Larissa A. C. Zuanon; Nathália C. Fuzari; Vânia, R. N. Telis</i>	212
Efecto Causado en la Concentración de Vitaminas en la Harina de Trigo Durante el Proceso de Panificación <i>Ximena Cifuentes Wchima, Jairo Montoya López. y Juan Carlos Lucas Aguirre</i>	214
Efecto del Yacón (<i>Smallanthus Sonchifolius</i>) sobre Pasabocas de Mango (<i>Manguifera Indica L.</i>) por Fritura al Vacío <i>Rafael H. Villamizar Vargas, Laura S. Torres Valenzuela</i>	216
Efecto de la Liofilización sobre algunas Propiedades Físicoquímicas de Cocona (<i>Solanum Sessiliflorum Dunal</i>) <i>Liliana Serna C., Diana P. Vargas Muñoz Alfredo Ayala A.</i>	218
Estudio Cinético del Proceso de Acidificación en la Elaboración de Yogur Batido Asistido por Microorganismos Lácticos. <i>José Libardo Tapiero Cuellar; Guillermo Salamanca Grosso</i>	220
Rendimiento de Aceite de Granos de Café Verde Obtenidos por Extracción con Líquido Presurizado <i>Naila Albertina de Oliveira; Victor Moraes de Rossi; Heber Cornélio Santiago; Alessandra Lopes de Oliveira</i>	222
Elementos de Gestión Asociados al Proceso de Elaboración y Comercialización de Embutidos Blandos <i>Cindy Tatiana Navas Navia; Guillermo Salamanca Grosso</i>	225
Efecto de la Concentración en la Clarificación de Hidrolizados de Almidón (yuca) Utilizando Membranas Cerámicas <i>María Acevedo Estupiñan; Carlos O. Parra Escudero y Carlos J. Muvdi-Nova</i>	228
Aplicación de Microfiltración y Ultrafiltración para la Clarificación y Fraccionamiento de Sangre de Bovino Cruda <i>Julieth S. Acosta-Camacho; Silvia N. Rios-Morales y Carlos J. Muvdi-Nova</i>	231
Evaluación del Perfil de Textura en Mora (<i>Rubus glaucus Benth</i>) Promovido por Calcio Aplicado en Precosecha. <i>Leidy k. Montealegre G.; Juan S. Díaz B.; Yanneth Bohórquez P y Claudia P. Valenzuela</i>	234
Modelamiento Matemático de la Pérdida de Agua en Fritura por Inmersión de Rodajas de Plátano <i>Mario Marín Marín; Francisco Castellanos-Galeano; Lorenzo Martínez Hernández</i>	237
Evaluación Psicométrica del Secado de Frutas en un Deshidratador de Bandeja para Alimentos <i>Julio Cesar Luna Ramirez, Claudia Jiménez Arenas, José Alejandro Pacheco Osorio y Numar Davian Campos Correa</i>	239
Selección de Fruto <i>Lycopersicon Esculentum Mill</i> Según su Estadio de Maduración Usando Imágenes Espectrales <i>G. Gómez-Méndez, J. C. Mosquera, Cesar Isaza</i>	242
Productos de Repostería a Base de Frutos Tropicales <i>Paulina Ayvar Ramos, Gabriela Palacios Pola, Adriana Caballero Roque, Tlayuhua Rodríguez García y Karla Paola Aguilar Espinosa</i>	246
Propiedades Físicoquímicas y Análisis de Componentes Principales como Herramientas de Clasificación del Polen Corbicular de la Zona Boyacá <i>July A. Hernández; Guillermo Salamanca; Nelson Rodríguez</i>	248
Efecto de Inhibidores de Maduración y Pardeamiento en la Calidad de Mango "Tommy Atkins" mínimamente procesado	

<i>Luis Eduardo Ordoñez-Santos; Dayron Enrique Gutiérrez-Cifuentes; Ana Milena Gutiérrez-Teran; Saul Dussán-Sarria1</i>	251
Desarrollo de un Té con Hojas y Capuchones de Uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.) <i>Cecilia Mercedes Carpio; José Isaac Molina; William Fabián Teneda</i>	254
Elaboración de Polvos a Base de Frutas Aromáticas para su Aplicación en la Panificación <i>Maximiliano Vanoye Eligio; Claudia Patricia Gorosica Guerra; Martha Elena Cervantes Sánchez y Katuska Alejandra Torres Sauri</i>	257
Extracción Sólido-Líquido De Aceite De Semilla De Cholupa (<i>Passiflora Maliformis</i> L.) y optimización Mediante Superficie Respuesta. <i>Jose Libardo Tapiero Cuellar, Mike Douglas Sánchez Orozco, Luis Gerardo Orjuela Triviño</i>	260
Caracterización Física de Películas Comestibles de Quitosano y Aceites Esenciales de Cítricos <i>Rico Rodríguez, Fabián; Díaz-Moreno, Consuelo</i>	262
Propiedades Mecánicas y de Barrera de Películas de Almidón De Plátano Guayabo, <i>Musa paradisiaca</i> L. <i>Omar García, Magda Pinzón</i>	264
Efecto de la Temperatura de Almacenamiento sobre la Calidad de Lulo (<i>Solanumquitoense</i> x <i>Solanumhirtu</i>) <i>Andrea Nieto Veloza; Carlos Céspedes; Andrea Herrera; Guillermo Palacios</i>	267
Secado Infrarrojo de Chañar. Algunos Aspectos del Proceso de Deshidratación <i>Pedro Cereza Mezquita; Juan C. Letelier Carvajal; Catherine A. Demetrio Vera; Ana E. Tapia Olivares</i>	269
Evaluación Del Consumo Energético Durante El Congelamiento Semi Industrial De Refrescos Congelados Bonice <i>Miguel García, Camilo a. Castro</i>	272
Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas del Yogurt Utilizando Leche Termosonicada <i>Yesenia Campo Vera y Dora C. Villada C.</i>	274
Modelos para Predecir el Factor de Esparcimiento Máximo de Formulaciones de Recubrimiento de Gelatina <i>Ricardo D. Andrade, Olivier Skurtys, Fernando Osorio</i>	277
Evolución de la Fermentación en Mosto de Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims) y Cholupa (<i>Passiflora maliformis</i>) <i>Claudia Amorochó C, Cindy Bernal L y Daniel Castro C.</i>	280
Estudio Numérico del Desarrollo de Flujo a Través de Tubos Torsionados y Flexionados en Espiral <i>Juan G. Ardila M.; Jaime A. Riascos S.; Jhon A. Isaza H.</i>	283
Antibacterial Activity of Green Tea and Broccoli Extracts Against <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Jose Manuel Silvan, Raúl Domínguez-Perles, Micaela Carvajal, Diego A. Moreno, Cristina Garcia-Viguera, Adolfo J. Martínez-Rodríguez, Sonia de Pascual-Teresa</i>	286
Extracción de Antioxidantes del Núcleo de mango a Partir de Diferentes Técnicas de Extracción <i>Hugo Alexander Martínez- Correa , Oscar Humberto Dorronsoro Guerrero, William Franco Ballesteros, Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan, Fernanda Marcela Cuaran Cuaichar, Manuel Alejandro Murillo Arango, Uriel Fabián Pérez Chantre, Eliana Marcela Vélez Erazo</i>	289
Efectos de la Pasteurización en las Propiedades Físicoquímicas del Queso Costeño <i>Martha Ligia Ascencio Galván; José Gabriel Serpa Fajardo; Tulia Pérez de la Ossa</i>	291
Efecto de la termosonicación sobre las propiedades microbiológicas del hongo comestible (<i>Pleurotus ostreatus</i>) fresco empacado al vacío. <i>Yesenia Campo Vera y Víctor Manuel Gélvez</i>	294
Desarrollo de Módulo Piloto Para Tratamiento de Lactosuero Residual, Aplicando el Método de Osmosis Inversa <i>Diana María Granda Restrepo; Luis Danilo Porras Barrientos; Oscar Albeiro Quintero Cardona; Jhon Milciades Morales Castro</i>	296
Cambios en la Clorofila y Color Superficial Durante el Almacenamiento en Aguacate Mínimamente Procesado <i>Luis Eduardo Ordoñez-Santos; July Alexadra Campo-Velasco y Johana Katerine Loaiza-De La Pava</i>	299
Extracción Mecánica del Aceite de Semillas de Zapallo Cucurbita Spp <i>Ginna Alejandra Ordoñez Narváez, Sanín Ortiz Grisales, Mónica Londoño, Magda Piedad Valdés Restrepo, Franco Alirio Vallejo Cabrera</i>	301
Caracterización Físicoquímica de Aceite de Semillas de Zapallo Cucurbita moschata Duch <i>Ginna Alejandra Ordoñez Narváez, Sanín Ortiz Grisales, Magda Piedad Valdés Restrepo, Franco Alirio Vallejo Cabrera</i>	304

Caracterización Colorimétrica y Textural de un Producto Cárnico a Partir de Especies Nativas Colombianas, Cachama (<i>Piaractus brachypomus</i>) y Yamú (<i>Brycon cephalus</i>) <i>Andrea Paola Rodríguez Triviño; Liliána Patricia Mancera Rodríguez; Jairo Humberto López Vargas y Héctor Suarez Mahecha</i>	306
Sistema de Monitoreo y Control Estadístico para el Análisis de Rendimiento en la Industria Quesera <i>Rigoberto Rosero Benavides; Diego Fernando Mejía España y Oswaldo Osorio Mora</i>	308
Obtención de una Bebida Alcohólica a Partir de Maíz Morado (<i>zea mays</i> L.) <i>Nataly Sánchez Torres ; Beatriz Hatta Sakoda</i>	310
Optimización del Proceso de Elaboración de Queso Costeño Maximizando Rendimiento con las Mejores Características Organolépticas <i>José Gabriel Serpa Fajardo; Tullia Pérez De La Ossa ; Adolfo Javier De Oro Torres</i>	313
Cinética de Extracción de Carotenoides por Microondas a Partir de Piel de Mango (<i>Manguifera indica</i> L.) <i>Eliana Marcela Vélez Erazo; Oscar Humberto Dorronsoro Guerrero; Hugo Alexander Martínez-Correa</i>	316
Influence of Carrier Agent Concentration on the Characteristics of Betalain Microcapsules Obtained by Spray Drying <i>Larissa A. C. Zuanon, Vânia R. N. Telis</i>	319
Análisis de Vida Útil Multivariante en Alimentos: Sensibilización de la Ponderación de Variables en Estudio Mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) <i>Jorge Saavedra; Andrés Córdova; Carolina Astudillo; Pablo Ulloa; Lea Toledo</i>	322
Modelado de las Isotermas de Sorción y del Calor Isostérico de Sorción en Polen Apícola <i>Nazly Pulido; Consuelo Díaz; Henry Váquiro</i>	325
Efecto de la Aplicación de Elictores Físicos en el Porcentaje de Materia Seca en Plantas de Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) <i>Rafael Andrés Ramírez; Aníbal Orlando Herrera; Claudia Patricia Pérez</i>	327
Efecto de Recubrimientos Comestibles Multi componente sobre el Contenido Funcional de Mora de Castilla <i>Cristhian A. Patarroyo T.; Ana J. Cárdenas R.; Claudia P. Valenzuela R.</i>	331
Influencia de la Presión Sobre la Calidad de Banano Bocadillo (<i>Musa acuminata</i> Colla) Osmodeshidratado <i>Angela María Ormaza Zapata; Alfredo Adolfo Ayala Aponte</i>	333
Efecto de la Absorción de Agua Sobre la Textura Durante la Cocción de Papa Amarilla (<i>Solanum tuberosum</i>) <i>Patricia Millán Cruz; Alejandro Fernández Quintero; Dominique Dufour</i>	336
Procesamiento y Aceptabilidad de Bebida Láctea Sabor Maracuyá Enriquecida con Hierro <i>Pedro Ismael Cornejo Mujica; Irene Rodrigues Freitas; Iris S. Pereira Morais; Eduardo Sousa dos Anjos</i>	338
Efecto de la Deshidratación Osmótica en el Secado y en la Aceptabilidad de la Cocona (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) <i>Luty Gomez Cáceres Perez; Francisca Martha Nascimento de Oliveira, Angélica Torregrosa; Jerusa Zousa Andrade</i>	340
Efecto de Densificar el Mallado Durante el Análisis Numérico de Intercambiadores de Calor de Tubo Torsionado <i>Jaime A. Riascos S.; Julio A. Casas M.; Juan G. Ardila M.</i>	343
Efecto de la Edad y el Tiempo de Madurez Sobre las Características Físicoquímicas de la Carne de Ovino <i>Magda M. Ayala Mendoza, Daniel S. Duran Osorio y Yanine Y. Trujillo Navarro</i>	346
Modelación de la Tasa de Respiración en Mango Mínimamente Procesado <i>Camilo Agudelo Cuartas</i>	349
Estudio de las Relaciones entre la Composición y las Propiedades Tecnológicas de Ocho Harinas Vegetales Aplicando Análisis de Componentes Principales <i>Carolina Álvarez R, Seneida Lopera Cardona, Cecilia Gallardo y Ana Carolina Acevedo</i>	351
Surface Tension and Rheology of Emulsions for Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.) Oil Microencapsulation <i>Aranha, Carol P.M. ; Telis, V.R.N.</i>	356
Evaluación de Pretratamientos Osmóticos en la Crioprotección de Muestras de Mango Verde (<i>Mangifera indica</i> L.) <i>Alfredo A. Ayala-Aponte, Maritza Narváez Solís, Ángela María Ormaza Zapata</i>	359
Rediseño y Evaluación de un Sistema para Obtención de Almidón de Ñame y Subproductos <i>Daniel Chavez Gonzalez; Ermides Lozano Rivero; Jairo Salcedo Mendoza; Alfredo Fernández Quintero</i>	361

Simulación y Análisis de Sensibilidad en la Etapa de Separación en un Proceso de Extracción Supercrítica <i>Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan; William Franco Ballesteros, Hugo Alexander Martínez-Correa</i>	365
Maltodextrin Addition Level Effect on Asai Powder Chemical Properties and Costs <i>R. O. Díaz S., J.E. C. Cardona, M. Carrillo, R. H. Gutiérrez B., M. S. Hernández G.,</i>	367
Secado por Aspersión de Extracto de Levadura: Efecto sobre las Propiedades Físicoquímicas del Producto <i>Lizeth Magali Marín Gómez, Anabel Caicedo Valencia, Claudia Isabel Ochoa-Martínez, Alejandro Fernández Quintero</i>	370
Elaboración de Pasta Untable de Berries en Base a Mantequilla <i>Cecilia Gertosio Salinas; Raúl Molina Castro,</i>	372
Efecto de la Temperatura de Secado en el Color de la <i>Mentha spicata</i> L. <i>Frank Jimmy Gracia, Patricia Cuervo-Andrade, Sonia Lucia Rincón Prat</i>	374
Cereal Fiber Enriched Evaluation as Bakery Improver by Direct And Sponge Method Through Image Analysis <i>Santiago García Pinilla; Gabriela Caez Ramírez</i>	379
Elaboración de una Galleta a Base de Yogur <i>German A Giraldo G</i>	382
Comparación Cinética de un Secador de Bomba de Calor y Secador Convectivo con Recirculación Total <i>Gómez-Daza, J.C. y Ochoa-Martínez, Claudia I.</i>	384
Contenido de Humedad y Aceite Durante el Freído de Batata (<i>Ipomoea Batatas Lam</i>) Usando Recubrimiento <i>Adriana González, Armando Alvis, Guillermo Arrázola</i>	386
Determinación de la Textura de Trozos de Batata (<i>Ipomoea Batatas Lam</i>) Frita <i>Armando Alvis, Adriana González, Guillermo Arrázola</i>	389
Efecto de la Presencia de Prebióticos sobre la Supervivencia de Microorganismos Probióticos Encapsulados por Liofilización <i>Luz Mary Montes Ramírez, SneyderRodríguez-Barona, Gloria Inés Giraldo Gómez</i>	391
Secado de Zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>) por el Método de Ventana de Refractancia <i>Mónica .J. Ortiz y Claudia I. Ochoa Martínez</i>	394
Efecto del Tiempo de Espera Ante-Mortem sobre la Calidad de la Carne Bovina. <i>Katerinne Quiroz Osorio; Diego Alonso Restrepo Molina2; Rolando Barahona Rosales3.</i>	396
Pérdidas por Cocción y Capacidad de Retención de Agua en Camuro <i>Edicson M. Rincon ; Adriana I. Rada; Manuel F. Ariza; Jorge E. Gallo; Susan Castro; Marcela Rios; Ángela M. Amaya; Boris J. Sepulveda; Yurany T. Ortiz</i>	399
Gestión del Proceso de Secado para Aumentar la Capacidad Antioxidante del Tomillo (<i>thymus vulgaris L.</i>) <i>Jader Rodriguez Cortina; Evandro de Castro-Melo; Antonio Mulet Pons; José Bon Corbí</i>	402
Gestión Energetica: Una Alternativa Para la Producción de Alimentos Ecoeficientes. <i>Judith Rodríguez Salcedo; Jenny Lorena Ibarquen Valverde y Jorge Eduardo Angulo López</i>	404
Análisis de Vida Útil Multivariante en Alimentos: Sensibilización de la Ponderación de Variables en Estudio Mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) <i>Jorge Saavedra; Andres Córdova; Carolina Astudillo; Pablo Ulloa; Lea Toledo.</i>	407
Incorporación de Pro bióticos en Pasas Chilenas Saborizadas <i>Mónika Valdenegro; Araceli Olivares; Bárbara Zerené</i>	409
Parámetros Físicoquímicos de Calidad en Aceite de Soya (<i>gycline max</i>) en Procesos de Decoloración en frío <i>Samuel David Vargas Neira; Pablo Emilio Rodríguez Fonseca</i>	412
Efecto de la Irradiación UV-C sobre la Calidad de Banano (<i>Gross Michel</i>) Mínimamente Procesado <i>Daniela Fernanda Velásquez Lozano; Claudia Patricia Valenzuela Real.</i>	414
Concentración de Micelas de Caseína por Microfiltración: Escalamiento de un Módulo <i>Carolina Astudillo; Jorge Saavedra; Francisca Sánchez; Andrea Poblete.</i>	417
Recubrimientos Comestibles para Alimentos a Base de Polímeros Biodegradables, Ácidos Grasos y Antioxidantes <i>Julie Fernanda Benavides Arévalo; Gloria Elena Tobón Zapata.</i>	420
Permeabilidad de Películas Comestibles con Alginato Sódico, Almidón de Yuca y Aceite Esencial de Romero <i>L. Carlos Calderón M; A Consuelo Díaz M</i>	423

Efecto de la Fritura por Inmersión en la Textura de Rodajas de Plátano <i>Andrés Chávez Salazar; Francisco Castellanos Galeano; Lorenzo Martínez Hernández</i>	425
Efectos del 1-Metilciclopropeno, Antioxidantes y Calcio en la Calidad de Mango Tommy Atkins Mínimamente Procesado <i>Saul Dussán-Sarria; Ana Milena Gutiérrez-Teran; Dayron Enrique Gutiérrez-Cifuentes; Luis Eduardo Ordoñez-Santos</i>	427
Modelos de Secado de Gota Individual en el Secado por aspersión <i>Vanessa González-Torres; Alfonso Cubillos-Varela; Claudia Ochoa-Martínez; Alejandro Fernández-Quintero y Alexánder Gómez-Mejía</i>	429
Perfil de Textura de Barra de Asaí y Copoazu con Hidrocoloides <i>Pamela Elizabeth Vallejo Figueroa; María Soledad Hernández; Mary Lares</i>	432
Condiciones de Utilización del Esteviósido en la Elaboración de Néctar de Guayaba Dulce <i>Claudia Denise de Paula; Mónica María Simanca Sotelo; Yenis Ibeth Pastrana Puche</i>	434
Análisis Multivariado al Proceso de Microencapsulación de Antocianinas de Frutas Tropicales Colombianas por secado por aspersión <i>Daniilo Andrés Revelo Vargas; Coralía Osorio Roa</i>	437
“Formulación de un Yogur Funcional de Zanahoria, Daucus, Carota” <i>Benítez- Santillán, L.; García-Segovia, P; Pagán- Moreno, M^a J.</i>	439
Queijo de Manteiga: Physical Chemistry, Microbiological and Consumer Profile <i>Nayhara Raquel Vasconcelos Barbosa; Esmeralda Paranhos dos Santos; Ricardo Targino Moreira</i>	442
Evaluación del Proceso de Maduración de Variedades de Plátano Durante el Almacenamiento <i>Andrés Chávez Salazar; Francisco Castellanos Galeano; Lorenzo Julio Martínez</i>	445
Modelado del Cambio de Textura Durante la Congelación de Papa Criolla <i>Rolando Mendoza-Rincón; Aníbal Herrera Arévalo</i>	447
Cambios de Color Durante el Secado por Aire Caliente de Estrellas de Carambolo (Averrhoa carambola) <i>Nidia Casas Forero; Sirleny González ; Adriana Espinosa Vargas</i>	450
Análisis Correlacionales de Pearson Durante el Procesamiento de Panificación de la Harina de Trigo <i>Luis Miguel Mejía Giraldo, Jairo Montoya López y Juan Carlos Lucas Aguirre</i>	452
Cuantificación de Algunos Parámetros Fisicoquímicos de Miel de Abejas Procedentes de 9 Municipios del Departamento del Quindío <i>Jairo Montoya López; Víctor Hugo García Merchán y Juan Carlos Lucas Aguirre</i>	454
Incidencia del Empacado al Vacío Sobre las Características Reológicas del Pan de Agua Producto Autóctono <i>Mariela Hernández; Daniel Duran Osorio1, Maira A. Valencia Díaz</i>	456
Efecto del Hidroenfriamiento y Uso de Empaques en la Calidad de Pitahaya Amarilla (Selenicereus Megalanthus) <i>Karla Paredes-Bautista; Raisa Tinitana-Bayas; Gabriela Guerrero-Paredes; Silvia Valencia-Chamorro</i>	458
Índice de Diastasa y Niveles de Hidroximetil Furfural de Miel de Abejas Colombianas <i>Laura María Reyes Méndez; Guillermo Salamanca Grosso</i>	461
Rheological characterization of desserts formulated with whey proteins <i>María Eugenia Miccolo, María Laura Olivares and Amelia C. Rubiolo</i>	464
Desarrollo de una Metodología para la Obtención de Uvilla (Physalis peruviana L.) Deshidratada <i>Mayra Alexandra Veloso; María Teresa Pacheco y William Fabián Teneda</i>	466
Contribución al Estudio de Proceso de Trilla de Algunas Variedades de Arroz Colombiano <i>Mónica Patricia Osorio Tangarife; Guillermo Salamanca Grosso; Nelson Rodríguez Arias</i>	468
Estudio de la adición de harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) en pan de molde <i>Gabriela Vernaza, Anely Guerra, Juan Bravo</i>	470

Evaluación Sensorial de Cuatro Diferentes Formulaciones de Salchichas Elaboradas con Carne de Conejo (*Oryctolagus cuniculus*)

Sensory Evaluation of Four Different Formulations of Sausages Made from Rabbit Meat (*Oryctolagus cuniculus*)

José Igor Hleap Zapata¹; Yisell Vanessa Romero Erazo²

¹ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Ingeniería Agroindustrial. Carrera 32 No. 12-00 Palmira, Colombia. jihleapz@unal.edu.co

² Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. yvromeroe@unal.edu.co

Resumen: Se estudió sensorialmente la inclusión de cuatro extendedores en embutidos elaborados con carne de conejo. Se elaboraron cuatro tipos de salchichas fabricadas con 60% de carne de conejo, 12% grasa de cerdo y 4% de material extendedor: almidón de yuca, almidón modificado de maíz, almidón modificado de papa y harina de chontaduro, respectivamente para cada formulación. El porcentaje restante correspondió al aporte de los aditivos y condimentos. Se aplicó una prueba de aceptación a 100 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica de siete puntos que abarcó desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” para los atributos sabor, olor, color, textura y apreciación general. Posterior a los análisis estadísticos, se aplicó una prueba de preferencia a las salchichas adicionadas con almidón modificado de maíz y harina de chontaduro, siendo éstas las de mayor aceptación en la prueba inicial. La salchicha de mayor preferencia fue aquella con inclusión de almidón modificado de maíz, la cual finalmente fue sometida a una prueba de preferencia comparativa, con una salchicha comercial de pollo. Los resultados finales mostraron una aceptación del 76% para la salchicha de conejo. Se concluyó que la salchicha elaborada a partir de carne de conejo con almidón modificado de maíz, presentó mejor desempeño, mostrando que el producto puede entrar a competir en el mercado con los demás embutidos escaldados tradicionales.

Palabras clave: Salchichas de conejo, cadena cunicula, almidones modificados, harina de chontaduro, evaluación sensorial.

Abstract: A sensorially study of the inclusion of four extenders in sausages made from rabbit meat was made. Four types of sausages made with 60% of rabbit meat, 12% pork fat and 4% of extender material: cassava starch, modified corn starch, modified potato starch and chontaduro flour respectively for each formulation, were developed. The remaining percentage was the contribution of the additives and spices. An acceptance test was applied to 100 untrained judges, using a seven-point hedonic scale that ranged from “I like very much” to “I dislike very much” for the attributes taste,

odor, color, texture and overall assessment. Following to the statistical analyzes, an acceptance test to sausages added with modified corn starch and chontaduro flour was applied, being these the most accepted in the initial test. The most widely accepted sausage was the one with modified corn starch included, which was finally subjected to a preferably comparative test with a commercial chicken sausage. Final results showed an acceptance of 76% for rabbit sausage. It was concluded that the sausage made from rabbit meat with modified corn starch presented better performance, showing that the product can compete in the market with other traditional scalded sausages.

Keywords: Rabbit sausages, rabbit chain, modified starches, chontaduro flour, sensory evaluation.

INTRODUCCIÓN

El conejo es un mamífero explotado industrialmente por su piel, su pelambre y su carne. En los países de América Latina, se han hecho esfuerzos por crear las bases de una cultura cunicula estable y duradera con miras a colocar esta carne dentro de los primeros lugares en el mercado internacional (Orrego *et al.*, 2007). Sin embargo, en Colombia no ha sido muy explotada, a pesar de conocerse que tiene excelentes propiedades tales como buena cantidad de nutrientes, es una carne magra, con un bajo contenido de grasa y con menor contenido en ácidos grasos saturados y colesterol que otras carnes, buena ternera, sus proteínas son asimiladas fácilmente por el cuerpo humano y es un tipo de carne baja en colesterol.

En las últimas décadas ha sido relevante la relación dieta-salud, lo que ha conllevado a que muchas personas hayan modificado sus hábitos alimenticios buscando productos que satisfagan sus preferencias dietéticas, nutritivas y sensoriales (Recinos, 2007). La calidad organoléptica de la carne está determinada por aspectos tales como sabor, olor, color, textura y apariencia, importantes para el desarrollo de productos cárnicos alimenticios. La carne de conejo se puede considerar una

alternativa importante para diversificar la producción cárnica, por eso es necesario aprovechar sus ventajas respecto a otras carnes con la implementación de productos innovadores como las salchichas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar sensorialmente cuatro formulaciones de salchichas de conejo (*Oryctolagus cuniculus*), diferenciadas por la inclusión de materiales extendedores alternativos tales como el almidón de yuca, el almidón modificado de maíz, el almidón modificado de papa y la harina de chontaduro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira. La carne de conejo se obtuvo de una explotación cunícola ubicada en el municipio de La Calera (departamento de Cundinamarca). Las salchichas se elaboraron utilizando los cuatro tipos de extendedores ya mencionados en cantidades iguales y según la metodología propuesta por Cury *et al.*, en 2011, con algunas modificaciones.

Se realizó una prueba de grado de satisfacción a un grupo de 100 jueces no entrenados. Posteriormente, se realizaron pruebas afectivas para conocer la opinión de los consumidores en cuanto a sabor, olor, color, textura y apariencia general. Se utilizó una nomenclatura aleatoria para la identificación de cada una de las muestras y para la encuesta se aplicó una escala hedónica de siete puntos que abarcó desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo”. Así, se determinaron las dos salchichas de mayor aceptación, las cuales se sometieron a una prueba de preferencia, la cual igualmente se realizó en orden aleatorio. Con los resultados obtenidos se determinó cual salchicha obtuvo el mejor puntaje para ser sometida a una prueba de preferencia comparativa, utilizando como referencia una salchicha comercial de pollo. El estudio estadístico se realizó con la ayuda del programa IBM SPSS Statics 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba del grado de satisfacción mostró, para todos los atributos, que para las salchichas elaboradas con adición de almidón modificado de maíz, se encuentra entre “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho”. Para las salchichas elaboradas con adición de harina de chontaduro, los cinco atributos sensoriales se encontraron entre “me gusta mucho” y “me gusta muchísimo”. Para las salchichas adicionadas con almidón modificado de papa y almidón de yuca, todos los atributos estudiados se encontraron en su mayoría entre “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho”. Se puede diferenciar

la preferencia en cuanto al atributo sabor por las salchichas con adición de harina de chontaduro, donde la media de las respuestas tiende a “me gusta muchísimo”, seguida de las salchichas con adición de almidón modificado de maíz, en donde la tendencia tiende a “me gusta mucho”. Las salchichas que predominaron en cuanto a satisfacción sensorial fueron las elaboradas a partir de harina de chontaduro y almidón modificado de maíz.

Con base en estas dos salchichas se llevó a cabo la prueba de preferencia, la cual arrojó que los jueces evaluadores prefirieron las salchichas elaboradas con inclusión de almidón modificado de maíz, sin embargo estos resultados no mostraron diferencias significativas frente a las salchichas con harina de chontaduro.

Finalmente, se estableció la comparación entre la salchicha elaborada con adición de almidón modificado de maíz y una salchicha comercial de pollo dando como resultado que los jueces evaluadores prefirieron la salchicha elaborada con carne de conejo y almidón modificado de maíz frente a la otra salchicha, con una preferencia del 76%.

CONCLUSIONES

Los productos elaborados presentaron una muy buena aceptación por el panel degustador, presentando resultados, correspondientes en su mayoría a “me gusta mucho” en la escala hedónica. No hubo diferencias significativas entre los resultados finales, lo que indica que ambos productos lograron la favorabilidad de los potenciales consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Cury, K., A. Martínez, Y. Aguas y R. Olivero. 2011. Caracterización de carne de conejo y producción de salchicha. Revista Colombiana de Ciencia Animal 3(2): 269-282.
- Orrego, G.A., L.A. Mesías, G. Almeida., D. Ramírez. y G.E. Sarmiento. 2007. Diseño e implementación de un modelo técnico administrativo para la conformación de la mini cadena productiva cunícola dentro de la cadena de cárnicos en Santander. CIMEP-UIS. 64 p.
- Recinos G., M.R. 2007. Utilización de carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en la elaboración de dos tipos de jamón ahumado. Tesis Licenciada en Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos. Guatemala. 34 p.

Cinética de la Dureza de una Barra de Cereal con Polen Apícola Durante el Almacenamiento

Kinetics of the Hardness of a Cereal Bar with Bee Pollen During Storage

Ana Ruby Correa Mosquera¹; Diana Carolina Longo Ordoñez²; Claudia Hernández Londoño³; Marta Cecilia Quicazán⁴

- 1 Estudiante Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. A.A. 034227. Bogotá D.C. – Colombia. <arcorream@unal.edu.co>
- 2 Estudiante de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería – Universidad de la Amazonía. A.A. 192. Florencia – Colombia. <d.longo@udla.edu.co>
- 3 Candidata a doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. A.A. 034227. Bogotá D.C. – Colombia. <cehernandezlo@unal.edu.co>
- 4 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. A.A. 034227. Bogotá D.C. – Colombia. <mcquicazand@unal.edu.co>

Resumen. Un modelo de pérdida de dureza fue desarrollado para barras de cereal con inclusión de polen apícola empacadas en bolsas de polipropileno, mediante una prueba acelerada a 37 °C y 90% HR durante 35 días. La dureza fue evaluada instrumental y sensorialmente durante el almacenamiento. Se encontró que el deterioro de esta característica de calidad es representado por un modelo de cinética de orden cero ($r^2 > 0.84$). Sensorialmente se llega al límite crítico de pérdida de dureza de las barras de cereal con inclusión de polen, cuando la dureza desciende a valores por debajo de 39,23 N. Con el modelo establecido, es posible predecir el tiempo de deterioro de la dureza de barras de cereal con inclusión de polen conociendo el valor de dureza inicial.

Palabras clave: Modelos, dureza, predicción, análisis sensorial.

Abstract. A shelf life model was developed for cereal bars with inclusion of bee pollen packed in polypropylene bags by an accelerated test at 37 °C and 90% relative humidity for 35 days. Hardness was evaluated sensory and instrumental during storage. It was found that the degradation of this quality characteristic is represented by a kinetic model of order zero ($r^2 > 0.84$). Sensorial critical limit of shelf life of cereal bars with inclusion of pollen is reached when the hardness fall down of 39.23 N. With the established model is possible to predict the spoilage time of hardness of cereal bars with inclusion of pollen knowing the value of the initial hardness.

Key work: Models, hardness, prediction, sensory analysis.

INTRODUCCIÓN

Las barras de cereal son productos de fácil consumo, de bajo costo, de tamaño pequeño y su finalidad es satisfacer la sensación de hambre que se produce entre las comidas (Estévez

et al., 2003). A las barras de cereal se le han ido incorporando alimentos autóctonos con fin de mejorar su calidad nutricional, como es el caso del polen seco que ha sido utilizado como alimento humano por su alto valor nutritivo. Los componentes principales del polen de abeja son los carbohidratos, fibra cruda, proteínas y lípidos en proporciones que oscilan entre 13-55%, 0.3-20%, 10-40%, 1-10%, respectivamente (Bogdanov, 2014). No obstante, en Colombia se producen grandes cantidades de polen y existe un alto potencial de consumidores para los cereales, por lo que hay posibilidades que los alimentos funcionales como barras de cereal con inclusión de polen ingresen al mercado. Sin embargo, no se conocen estudios de tiempo de deterioro para este tipo de productos, pero si existen procedimientos para establecer dicha cinética, basados en la obtención de modelos matemáticos, que podrían emplearse en este caso. Los modelos predictivos más utilizados para la estimación del tiempo de deterioro de características fisicoquímicas en alimentos son los modelos de pérdida de calidad propuestos por Labuza y Riboh (1982), que pueden ser cinéticas de orden cero, que representa una evolución lineal de pérdida o ganancia de los valores de cada característica de calidad evaluada. Mientras que las cinéticas de primer orden representan una evolución exponencial de los valores de las características de calidad. Las siguientes ecuaciones describen los modelos de cero, primer y segundo orden.

$$Q = Q_0 - kt \quad \text{Orden cero (1)}$$

$$Q = Q_0 e^{-kt} \quad \text{1er orden (2)}$$

$$\frac{1}{Q_0} = \frac{1}{Q} + kt \quad \text{2º orden (3)}$$

Donde Q es la característica de calidad a modelar, Q_0 es el valor de dicha característica en el tiempo cero, k es la pendiente de la ecuación de regresión y t es el tiempo. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue obtener un modelo matemático que permita predecir el tiempo de deterioro de la dureza de una barra de cereal con inclusión de polen apícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las barras de cereal con polen apícola utilizadas en este estudio fueron elaboradas en la planta de frutas y vegetales del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. La barra de cereal, está compuesta de 23% glucosa, 18% de maltodextrina, 15% de polen apícola, 11% de fruta deshidratada, 10% de fibra de gulupa, 7,5% de cebada expandida, 7,3% de arroz expandido, 5% de agua y cantidades inferiores de lecitina de soya, aceite vegetal y sucralosa. Los ingredientes secos se mezclaron primero, luego se incorporaron los demás, la mezcla se colocó sobre una bandeja y se dejó endurecer. Unidades rectangulares de 23g aproximadamente se empacaron en bolsas de polipropileno de baja densidad calibre N° 2, y fueron sometidas a almacenamiento acelerado a 37°C y 90 %HR durante 35 días de acuerdo a lo planteado por Corradini y Peleg (2007). Se realizaron muestreos por triplicado una vez por semana. Se realizó un análisis de dureza de acuerdo a la metodología de Ryan y Brewer (2006) y un análisis sensorial con un panel experto de acuerdo a la metodología modificada de Aigster *et al.* (2011) con el cual se estableció el límite crítico de pérdida de dureza. Utilizando el software Microsoft Excel versión 2007 y los datos obtenidos de la dureza se probó la bondad de ajuste de varios modelos matemáticos sencillos. Y finalmente se eligió el modelo con el mejor coeficiente de correlación (r^2) para predecir el tiempo de deterioro de la dureza de la barra de cereal con inclusión de polen de acuerdo a su dureza inicial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dureza de las barras empacadas de cereal con inclusión de polen disminuyó progresivamente durante el tiempo de almacenamiento. Luego de 27 días las barras tuvieron una dureza inferior a 1.78 ± 0.19 N manteniéndose constante hasta el final del almacenamiento. Además se encontró que el modelo cinético de orden cero propuesto por Labuza y Riboh (1982) tiene un buen ajuste ($R^2=0.845$) para los valores de pérdida de dureza de las barras (Figura 1), al igual que los modelos cinéticos de primer y segundo orden ($R^2=0.813$). Aunque los coeficientes de correlación son muy similares, se eligió el modelo de orden cero por tener un r^2 más alto y ser el modelo más sencillo. De acuerdo al análisis sensorial realizado por un experto se estableció que las barras de cereal con

inclusión de polen pierden sus características sensoriales de calidad cuando la dureza es $\leq 39,23$ N. Por lo tanto, se obtuvo un modelo matemático (Ecuación 4) que permite predecir el tiempo de deterioro de las barras de cereal con inclusión de polen a partir de un valor inicial de la dureza del producto. La utilización de modelos matemáticos que simulan el proceso de deterioro de dureza de las barras de cereal con polen es muy relevante porque permiten obtener información que hasta el momento se desconocía para este tipo de productos en almacenamiento acelerado a 37 °C y 90% HR.

$$t = \frac{39,23 - D_0}{-2.421} (R^2=0.845) \quad (4)$$

Donde D_0 es el valor de dureza (N) al inicio del almacenamiento y t es el tiempo de deterioro estimado (días). De acuerdo a Estévez *et al.* (2003) un tiempo de almacenamiento acelerado a 37°C equivale a 6 veces el tiempo de almacenamiento a 18–20°C y 58–60% HR.

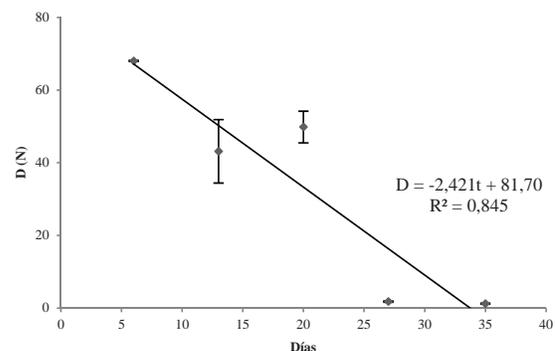


Figura 1. Parámetros del modelo de orden cero para dureza.

CONCLUSIONES

Un modelo de orden cero presentó el mejor ajuste ($r^2=0.845$) para los datos de dureza de la barra de cereal con inclusión de polen. El límite crítico de pérdida de dureza fue establecido en 39,23N de acuerdo al análisis sensorial de un panel experto. Con el modelo de orden cero establecido, se puede estimar el tiempo de deterioro de la dureza de las barras de cereal con inclusión de polen, durante el almacenamiento acelerado a 37°C y 90% HR solo conociendo el valor inicial de la dureza del producto.

BIBLIOGRAFÍA

Aigster, A., S.E. Duncan, F.D Conforti and W.E. Barbeau. 2011. Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *LWT - Food Science and Technology* 44(10): 2159–2165.

Bogdanov, S., 2014. Pollen: Production , Nutrition and Health: A Review. *Bee Product Science* 27(6): 677-689.

Corradini, M.G. and M. Peleg. 2007. Shelf-life estimation from accelerated storage data. *Trends Food Sci. Technol* 18 (1): 37-47.

Estévez, A.M., B. Escobar, I. Zacarias and M de la L. Hurtado. 2003. Evaluación nutricional y almacenamiento acelerado a 37°C de mezclas de frejol y maíz fritos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53 (1): 70-73.

Labuza, T.P. and D. Riboh. 1982. Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology* 36 (10): 66-74.

Ryan, K.J. and M.S. Brewer. 2006. Physical properties of sugar-snap cookies using granule surface deproteinated wheat starch. *J. texture Stud* 37(4): 442-457.

Efecto del Microondas en Concentración de Ácido Ascórbico y Color Superficial de Algunos Vegetales Durante la Cocción

Effect of Microwave in Concentration of Ascorbic Acid and Surface Color of Some Vegetables for Cooking

William Franco Ballesteros¹, Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan² y Luis Eduardo Ordoñez Santos^{3*}

1 Estudiantes de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira Colombia. <wfrancob@unal.edu.co>

2 Estudiantes de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira Colombia. <hgcuastumalc@unal.edu.co>

3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira Colombia. *Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: <leordonezs@unal.edu.co>

Resumen. El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de la cocción por microondas en la concentración de ácido ascórbico (AA) y el color en tomate, mango, guayaba y espinaca. Las muestras de los diferentes vegetales se sometieron a cocción por microondas a 760W durante 2 min, el contenido de ácido ascórbico se determinó por el método Indofenol y el color superficial se midieron con un colorímetro Konica Micolta CR-400. Los resultados indican que la cocción por microondas no afectó significativamente el color superficial de las muestras y el contenido de ácido ascórbico en los frutos de mango. Por el contrario, este antioxidante se reduce significativamente en guayaba en un 41,31%, mientras que en tomate y espinaca aumentó significativamente en un 35,70% y 37,60% respectivamente. Se puede concluir que la cocción por microondas favorece la calidad nutricional del tomate, espinaca y el mango, y mantiene la estabilidad en el color superficial en los vegetales evaluados en este estudio.

Palabras clave: Vitamina C, sólidos solubles, acidez, CIELAB.

Abstract. The objective of this study was to determine the effects of microwave cooking on the ascorbic acid concentration and color in tomatoes, mango, guava and spinach. The samples of the different vegetable were

subjected to microwaving at 760W for 2 min, the ascorbic acid content was determined by the method Indophenol and the surface color were measured by a colorimeter CR-400 Konica Micolta. The results indicate that microwave cooking did not significantly affect the surface color of the samples and the content of ascorbic acid in mango fruit. By contrast, this antioxidant is significantly reduced by 41.31% guava, whereas tomato and spinach are significantly increased by 35.70% and 37.60% respectively. It can be concluded that microwave cooking favors the nutritional quality of tomato, spinach and mango, and maintains stability in the surface color in plants evaluated in this study.

Key words: Vitamin C, soluble solids, acidity, CIELAB.

INTRODUCCIÓN

La cocción por microondas es un método alternativo para la preparación de los alimentos a la cocción por vapor y agua por contacto directo, ya que presenta ventajas en el calentamiento uniforme, reducción en el tiempo de preparación (Karaaslan and Tuncer, 2008) e inhibición de las altas temperaturas en la superficie (Alibas-Ozkan *et al.*, 2007). A pesar de estas ventajas es muy limitada la información de la incidencia en la cocción por microondas en la retención del ácido ascórbico

y del color superficial en tomate, guayaba, mango y espinaca, productos hortofrutícolas de alto consumo y producción en el mundo, según cifras de FAO STAT (2012). El ácido ascórbico es un antioxidante que mejora la absorción de hierro, reduce el riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer (Du *et al.*, 2012). Por estas razones el objetivo de este estudio es determinar el efecto de la cocción por microondas en el ácido ascórbico y color superficial en algunos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó Tomate (*Lycopersicon esculentum*) tipo "Chonto", Guayaba (*Psidium guajava L.*) tipo pera, Mango (*Mangifera indica L.*) variedad "Tommy Atkins" y Espinaca (*Spinacia oleracea L.*), cada muestra conto con tres repeticiones, se les hizo cortes sobre el plano ecuatorial de 0,6 cm de espesor excepto para espinaca, luego se sometieron a cocción por microondas a 760W por 2 minutos; y todas las muestras se enfriaron rápidamente a 11°C, para su posterior análisis fisicoquímico. El pH, la acidez, los sólidos solubles y la materia seca se realizaron de acuerdo a la AOAC (1995). La concentración de ácido ascórbico se efectuó mediante la técnica del Indofenol descrita previamente por Ordoñez-Santos y Vásquez-Riascos (2010). Las coordenadas CIELab en las muestras se midieron con un colorímetro Konica Minolta CR-400, empleando un iluminante D65, y un observador de 2º en dos lugares extremos de la región ecuatorial, y se estimó la

saturación $C = [(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}]$ y el tono $(h) = \tan^{-1}(b^*/a^*)$. El análisis estadístico se efectuó por comparación de medias, obtenidas de tres repeticiones, en una prueba de T-Student para muestras independientes, con un intervalo de confianza del 95% en el software SAS 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cocción por microondas afectó significativamente la concentración de ácido ascórbico (AA) en la mayoría de vegetales, excepto en mango, en cambio no se presentó efecto significativo del color superficial de las muestras evaluadas (Tabla 1). La concentración de AA en la guayaba en fresco reportado en este estudio coincide con Jawaheer *et al.* (2003); la cocción disminuyó significativamente en un 41,31% el contenido de AA (Tabla 1). El contenido de AA en tomate fresco fue inferior al reportado por George *et al.* (2011); la cocción incrementó significativamente el contenido de AA en tomate en un 35,70% y en espinaca en un 37,60% (Tabla 1). Cabe resaltar que el mango en fresco presentó una concentración de AA levemente menor al reportado por Kaushik *et al.* (2013).

También se presentaron cambios significativos en los sólidos solubles en tomate y guayaba, y en % de acidez en guayaba, mango y espinaca. La reducción de la acidez en las muestras de guayaba y mango después de la acción del microondas puede ser consecuencia de la degradación del ácido ascórbico (Tabla 1). La disminución de la concentración del ácido

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas en fresco y después de cocción de algunos vegetales.

Tratamiento	pH	Acidez (%)	Sólidos Solubles	Ácido Ascórbico	L	h	C
Tomate	4,49±0,08	0,33±0,002	4,70±0,17	16,16±1,52	43,88±2,39	0,93±0,21	25,90±2,23
Tomate Microondas	4,15±0,24	0,28±0,04	3,28±0,57	25,14±3,79	44,13±4,75	0,78±0,05	24,62±3,38
T-Student	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
Guayaba	4,05±0,58	0,50±0,05	8,17±0,25	91,50±6,16	51,5±0,26	0,47±0,002	37,73±1,32
Guayaba Microondas	3,65±0,96	0,32±0,12	6,55±0,55	53,70±8,28	48,0±1,85	0,46±0,64	35,57±2,66
T-Student	NS	*	*	**	NS	NS	NS
Mango	3,50±0,19	0,70±0,05	11,13±1,15	94,60±6,21	56,82±2,96	1,34±0,13	51,04±7,19
Mango Microondas	3,80±0,17	0,26±0,07	11,80±0,59	78,90±32,73	56,61±1,71	1,37±0,09	54,16±3,31
T-Student	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS
Espinaca	5,92±0,05	0,56±0,05	4,67±0,50	30,10±1,003	43,16±1,29	-0,87±0,03	21,8±3,07
Espinaca Microondas	6,06±0,17	0,15±0,06	5,75±0,61	48,20±6,15	41,42±0,78	-0,48±0,89	19,8±2,88
T-Student	NS	***	NS	**	NS	NS	NS

(*) Significativo $p < 0,05$; (**) significativo $p < 0,01$; (***) significativo $p < 0,001$. 1mg/ 100 g de muestra

ascórbico en la guayaba se pudo dar por la degradación al ácido 2,3-dicetogulónico y a productos inactivos nutricionalmente (Chuah *et al.*, 2008), otra razón es que el AA es un eliminador eficaz de radicales que se producen durante el estrés oxidativo, lo que provoca el uso de AA para mantener la estabilidad interna (Cocetta *et al.*, 2014). El incremento del ácido ascórbico en tomate y espinaca probablemente se debe a que el L-ácido dehidroascórbico (DHA) es reversible a ácido ascórbico, tal como es reportado en el trabajo de Hernández *et al.* (2006). Otra razón del incremento de AA, posiblemente se dio a que esta molécula actúa como cofactor en peroxidasas, pero al aumentar la temperatura ocasionó su desprendimiento de la enzima como hace mención en el estudio de Toledo *et al.* (2003). Para espinacas después de la maceración se ha reportado un aumento en AA por la sobreexpresión de algunos genes de su ruta biosintética (Badejo *et al.*, 2009). La cocción por microondas no afectó el color en los vegetales y esto se pudo dar a que el ácido ascórbico reduce las quinonas a difenoles (Chong *et al.* 2013).

CONCLUSIÓN

En el presente estudio se puede concluir que la cocción por microondas favorece la calidad nutricional del tomate, mango y espinaca, al conservar el ácido ascórbico, y no afecta la calidad sensorial al retener el color superficial de las muestras evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ozkan, I.A., B. Akbudak and N. Akbudak. 2007. Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78(2): 577-583.
- Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. P. Cunniff (10th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, U.S.A.
- Badejo, A.A., H.A. Eltelib, K. Fukunaga, Y. Fujikawa and M. Esaka. 2009. Increase in ascorbate content of transgenic tobacco plants overexpressing the acerola (*Malpighia glabra*) phosphomannomutase gene. *Plant and cell physiology* 50(2): 423-428.
- Cocetta, G., V. Baldassarre, A. Spinardi and A. Ferrante. 2014. Effect of cutting on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. *Postharvest Biology and Technology* 88, 8-16.
- Chong, C. H., C.L. Law, A. Figiel, A. Wojdyło and M. Oziembłowski. 2013. Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food chemistry* 141(4): 3889-3896.
- Chuah, A. M., Y.C. Lee, T. Yamaguchi, H. Takamura, L.J. Yin and T. Matoba. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry* 111(1): 20-28.
- Du, J., J.J. Cullen and G.R. Buettner. 2012. Ascorbic acid: Chemistry, biology and the treatment of cancer. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer* 1826(2): 443-457.
- Georgé, S., F. Tourniaire, H. Gautier, P. Goupy, E. Rock and C. Caris-Veyrat. 2011. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food chemistry* 124(4): 1603-1611.
- FAO- STAT. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=>; consulta: diciembre 2009.
- Hernández, Y., M.G. Lobo and M. González. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods* 96(4): 654-664.
- Jawaheer, B., D. Goburdhun, D and A. Ruggoo. 2003. Effect of Processing and Storage of Guava into Jam and Juice on the Ascorbic Acid Content. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58(3):1-12.
- Kaushik, N., B.P. Kaur, P.S. Rao and H.N. Mishra. 2013. Effect of high pressure processing on color, biochemical and microbiological characteristics of mango pulp (*Mangifera indica* cv. *Amrapali*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Available online 29 December 2013.
- Karaaslan, S.N. and L.K. Tuncer. 2008. Development of a drying model for combined microwave-fan assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*. 100(1): 44-52.
- Ordoñez-Santos, L.E. and A. Vázquez-Riascos. 2010. Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.) *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 60(3): 280-284.
- Toledo, M.E., Y. Ueda, Y. Imahori and M. Ayaki. 2003. L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) *Phostarvest Biology and Technology*. 28(1): 47-57.

Estudio de la Interacción de Proteínas de Leche y Soya durante la Preparación de Yogur

Study of the Interaction of Milk- and Soy Proteins in the Preparation of Yogurt

Ana María Giraldo Menassé¹; Ana Milena Díaz Bautista¹; Gerardo González-M²; Sara Pacheco-P²; Bernadette Klotz²; Oscar Alberto Álvarez Solano; Andrés Fernando González Barrios

¹ Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. A.A 4976, Bogotá, Colombia <am.giraldo233@uniandes.edu.co> ; am.diaz200@uniandes.edu.co; oalvarez@uniandes.edu.co; andgonza@uniandes.edu.co

² Instituto Alpina de Investigación, Edificio corporativo Alpina S.A., Km³ vía Briceño Sopó

Resumen. El presente trabajo estudia la interacción a diferentes concentraciones de las proteínas de leche bovina y de soya, y su efecto en la agregación proteica durante la preparación de yogur. Se empleó leche descremada-deslactosada y proteína de soya. Se realizó una caracterización macroscópica (reología), microscópica (tamaño de partícula), morfológica (SEM), molecular (NIR). Se determinó que existe un efecto significativo de la proteína de soya en la caracterización macroscópica, microscópica y molecular de las mezclas, y que las proteínas de leche bovina y soya tienen formas de agregación diferentes, gránulos y malla, respectivamente, lo que afecta la reología y el tamaño de partícula del sistema. La viscosidad por su parte presenta valores de 0,71 Pa*s para la muestra de 100% leche bovina, mientras que para el caso de 0%, la viscosidad es de 2,61 Pa*s, lo cual sugiere que la soya cuenta con una estructura más resistente.

Palabras clave: Agregación, fermentación, tamaño de partícula, morfológica, reología.

Abstract. The present work studies the interaction of bovine milk proteins and soy at different concentrations, and its effect on the protein aggregation during the preparation of yogurt. Skim, lactose-free milk and soy protein isolate were used. A macroscopic (rheology), microscopic (particle size), morphology (SEM) and molecular (NIR) characterization was presented. It was determined that there is a significant effect of soy protein in characterizing macroscopic, microscopic and molecular mixtures and that bovine milk and soy proteins have different aggregation forms observed in the SEM, granules and mesh, respectively, which affects the rheology and the particle size of the system. The viscosity has values of 0.71 Pa * s for the sample of 100% bovine milk, while for the case of 0%, the viscosity is 2.61 Pa * s. Thus, the structure of soy is more resistant.

Key words: Aggregation, fermentation, particle size, morphology, rheology.

INTRODUCCIÓN

Las bebidas lácteas son un grupo de alimentos que está creciendo en producción y en consumo. El yogur, por su presencia en el mercado, es el producto fermentado de consumo diario más importante (Bakirci, 2008). Ahora bien, el consumo de alimentos de soya y la incorporación de la leche de soya en las dietas humanas han aumentado por su alto valor nutritivo y sus propiedades en la prevención de enfermedades. Existe un número limitado de estudios sobre las interacciones de las proteínas de soya en los sistemas de mezclas de proteínas, así como sobre la caracterización de los agregados formados entre las proteínas de soya y de leche durante el procesamiento de los alimentos. Se necesita una mejor comprensión de la formación de agregados entre dichas proteínas, con el fin de mejorar la textura y la estabilidad de los productos alimenticios que contienen ambos sistemas de proteínas. De esta forma, el entendimiento de dicha agregación podría facilitar el diseño de una amplia gama de nuevos ingredientes funcionales. El presente trabajo tiene como fin estudiar los cambios de agregación de diferentes mezclas de leche bovina y leche de soya, durante la preparación de yogur a partir de una caracterización macroscópica, microscópica, morfológica y molecular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. En el estudio se trabajó con leche bovina UHT descremada-deslactosada (Alpina), con 3,2% de proteína y 8,02% de sólidos no grasos (SNG), valores a los cuales se estandarizaron las mezclas, con azúcar blanca comercial. Se utilizó proteína de soya aislada (SolaeCompany™), con un contenido de 90% de proteína y 95% de SNG. Para la fermentación, se incluyó el cultivo con *Lactobacillus delbrueckii* ss. *Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* ss. *Thermophilus* (YO-flexMild 1.0® Chr Hansen™).

Preparación de las mezclas. Como primer paso para la preparación de las muestras, se preparó la leche de soya utilizando la proteína de soya aislada, dispersándola en agua

desionizada a 38°C. Posteriormente, se procedió a mezclar y agitar la leche bovina con la de soja preparada anteriormente, según las concentraciones establecidas (0%, 20%, 50%, 80%, 100% leche bovina). Finalmente, se inocularon los erlenmeyers, teniendo en cuenta que existe uno para cada tiempo de incubación y concentración (0, 2, 3, 5, 7 h), tras lo cual se tomó el pH. Cada ensayo se llevó a cabo por duplicado.

Caracterización de muestras. En primer lugar, para la distribución de tamaño de partículas, se utilizó la técnica de difracción de láser, con un equipo Mastersizer3000–Malvern Instruments. Dado que se requiere cierta obscuridad (10%), las muestras líquidas fueron diluidas en 500 mL de agua desionizada para sus respectivos análisis. Para las pruebas de las estructuras y la morfología de la superficie, se trataron las muestras puras con un microscopio electrónico de barrido (SEM -Phenom G2TM Pro), a un aumento de 2000x. Con el fin de obtener una caracterización reológica de los fluidos de las muestras, se realizó una prueba estacionaria con el reómetro de esfuerzo impuesto DHR 1 – TA Instruments, a una velocidad variable entre 1 s⁻¹ y 500 s⁻¹. La geometría empleada de la base fue un cilindro concéntrico, con un control peltier, para mantener una temperatura constante de 20°C. Finalmente, para los análisis de espectroscopía de infrarrojo cercano, se trataron las muestras sobre la región espectral entre 1100–2500nm, en un equipo FOSS SmartProbeTMAalyzer5000, con intervalos de 2 nm. Para cada medición se utilizó un volumen de aproximadamente 10mL de muestra en una cubeta de vidrio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño de partícula. En relación con el estudio del tamaño de partícula (Figura 1), se evidencia que éste aumenta respecto al tiempo de fermentación, lo que obedece a la formación de agregados, a causa de la disminución del pH hasta valores cercanos al punto isoeléctrico de las proteínas de ambos leches.

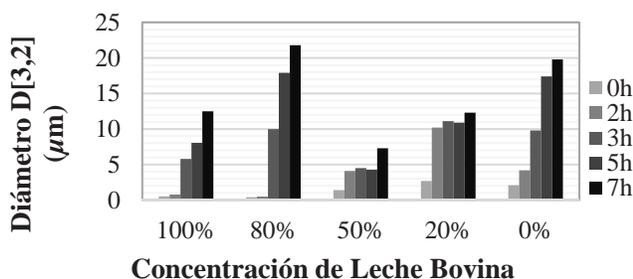


Figura 1. Seguimiento del tamaño de partícula a diferentes concentraciones de leche bovina.

Al comparar los valores de tamaños de partícula para las muestras 100% y 0% leche bovina a las 7 horas, se puede evidenciar que el yogur sin leche bovina tiene un tamaño de partícula mayor que el yogur sin leche de soja. Lo anterior está posiblemente relacionado con el pH final (4,72), que se encuentra muy cercano al punto isoeléctrico de las proteínas de la soja (globulinas y glicininas), mientras el pH final para la muestra de 100% leche bovina no se ha agregado proteína de soja, por lo tanto no tiene interferencia el punto isoeléctrico de esta proteína respecto al tamaño de la partícula, en este tratamiento. Dado que las muestras de concentraciones intermedias no presentan una tendencia clara, se recurre a una explicación desde el punto de vista morfológico.

Morfología de la superficie. El estudio morfológico de las muestras evidencia la formación de agregados en relación con el tiempo de fermentación, confirmando la tendencia presentada anteriormente (Figura 2). Ahora bien, si se observan las muestras a las 7 horas, se encuentra una gran diferencia morfológica de los agregados. Para las muestras donde prevalece la leche bovina, las estructuras se tornan más granuladas y porosas, mientras que las muestras con mayor cantidad de soja presentan una estructura similar a una red o malla. Las muestras con mayor contenido de soja podrían indicar una mayor resistencia ante la ruptura, siendo plausible en el análisis precedente, donde la agitación pretende romper su macroestructura y las porciones de la malla fuerte son las que se evidencian (Renkema, 2003).

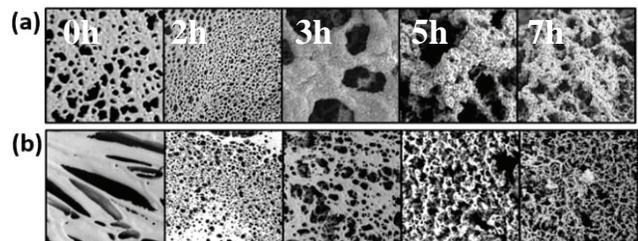


Figura 2. Imágenes de SEM con aumento 2000x. a) 100% Leche bovina, b) 0% Leche bovina. Ancho de imagen: 131 µm.

Caracterización reológica. Por medio de una prueba de flujo estacionaria (Viscosidad vs. Velocidad de corte), fue posible observar una evolución ascendente de la viscosidad respecto al tiempo de fermentación, evidenciando así la agregación de proteínas. De igual forma, al comparar los valores de la viscosidad tras un tiempo de 7 horas, se observa un comportamiento creciente a medida que aumenta la cantidad de soja (Figura 3).

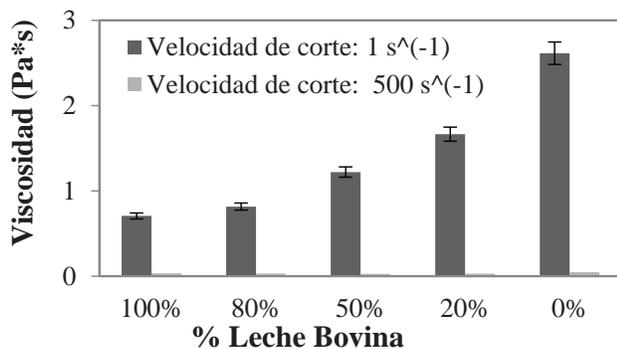


Figura 3. Viscosidad para diferentes mezclas a las 7 horas de fermentación.

Además existe una diferencia significativa de tixotropía en la muestra de 100% y 0% leche bovina a las 7 horas de fermentación, presentándose sólo para la primera (Figura 4). Dicho comportamiento probablemente se debe a que la estructura formada en la muestra de 0% es tan fuerte que no puede ser destruida por la velocidad de corte a la que fue sometida. Esta tendencia está fuertemente ligada con el peso molecular de las proteínas. De esta forma, al tener la proteína de soya un peso molecular mayor a la proteína de la leche bovina (caseínas mayoritariamente), la viscosidad y la resistencia será mayor para mezclas con más soya.

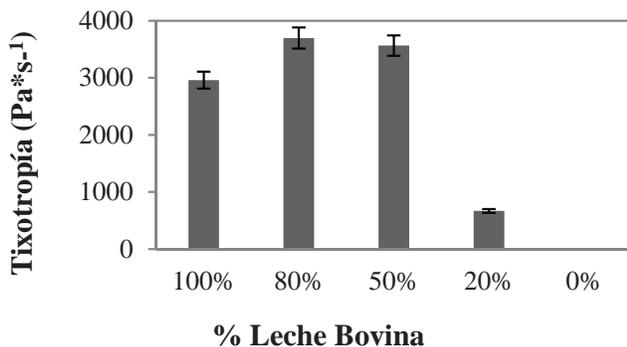


Figura 4. Tixotropía de las mezclas de leche bovina a las 7 horas de fermentación.

Medición cuantitativa de grupos funcionales orgánicos. Por medio de los resultados la espectroscopia infrarroja se observó un solapamiento entre las curvas de todas las muestras, indicando que no hay una diferencia significativa y que las estructuras formadas en las mezclas no pueden ser explicadas

por formación o rompimiento de los enlaces presentes, razón por la cual se le daría mayor importancia a enlaces débiles, no evidenciados a partir de este tipo de técnicas (Figura 5).

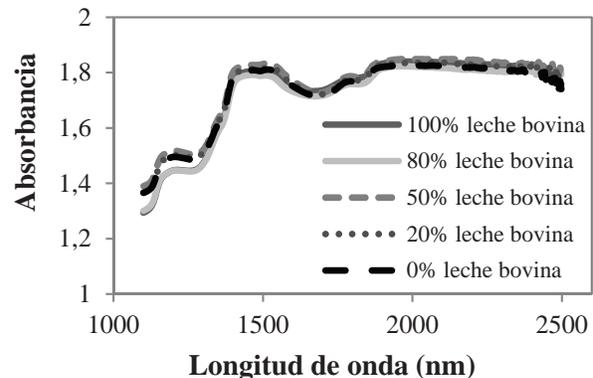


Figura 5. NIR de mezclas a las 7 horas de fermentación.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que existe un efecto significativo de la proteína de soya sobre la morfología, el tamaño de partícula y la reología de las mezclas, en la elaboración de yogur a partir de leche bovina y leche de soya. En este sentido, tal parece que la soya al contar con una agregación a manera de red, en contraste a los gránulos de la leche bovina, establece una formación más resistente y en consecuencia un comportamiento más viscoso. Por su parte, las diferencias en agregación posiblemente podrían responder a la presencia de enlaces débiles no detectados con el NIR.

BIBLIOGRAFÍA

- Bakirci, I. and A. Kavas. 2008. An investigation of some properties of banana yogurts made with commercial ABT-2 starter culture during storage. *International Journal of Dairy Technology* 61 (3): 270-276
- Renkema J. 2003. Relations between rheological properties and network structure of soy protein gels. *Food Hydrocolloids* 18 (1): 39-47.

Antocianos y Otros Compuestos Bioactivos Característicos de los Vinos Tintos: Incidencia de la Variedad de Uva y de Técnicas de Vinificación Innovadoras

Anthocyanins and Others Bioactive Compounds Typical of Red Wines: Incidence of Grape Variety and Innovative Winemaking Procedures

Gustavo González-Neves¹; Guzmán Favre¹ y Diego Piccardo¹

1 Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. <gustavogn@fagro.edu.uy>

Resumen. Los principales compuestos bioactivos de los vinos tintos son los antocianos y otros polifenoles, que son extraídos de las uvas durante la vinificación. La composición de la uva y la técnica de vinificación son los principales factores que modifican la composición de los vinos. Con el objetivo de evaluar la relevancia de estos factores, se hizo un ensayo de vinificación empleando uvas de las variedades Tannat, Syrah y Merlot, procesadas mediante tres alternativas: maceración tradicional (MT), adición de enzimas de maceración (ENZ) y maceración pre-fermentativa en frío (MPF). Los vinos elaborados con cada variedad de uva presentaron diferencias significativas de composición. Los vinos Tannat tuvieron contenidos significativamente mayores de antocianos y proantocianidinas. La MPF incrementó los contenidos de polifenoles totales, antocianos y proantocianidinas en los vinos Tannat y Merlot. Las enzimas pectolíticas determinaron un aumento de los contenidos de proantocianidinas en Syrah y Tannat. Estos resultados indican que la vinificación incide significativamente en las características sensoriales y propiedades nutricionales de los vinos. Un Análisis Discriminante realizado con los perfiles antocianicos demostró que la relación entre estos compuestos está condicionada por la variedad de uva y la cosecha, más allá de las técnicas de vinificación empleadas en cada caso.

Palabras clave: Polifenoles, antocianos, vinos tintos, Tannat.

Abstract. The main bioactive compounds of red wine are anthocyanins and other polyphenols, which are extracted from grapes during winemaking. The composition of grapes and the winemaking procedure are the main factors influencing the composition of wines. In order to assess the relevance of these factors, a trial of winemaking using grapes from Tannat, Syrah and Merlot was realized. For this purpose, Traditional maceration (MT), addition of macerating enzymes (ENZ) and cold pre-fermentative maceration before traditional maceration (MPF) were carried out. Wines made from each grape variety showed significant differences in composition. Tannat wines had the highest anthocyanins and proanthocyanidins contents. MPF increased total polyphenols, anthocyanins and proanthocyanidins contents in Tannat and Merlot wines. Pectolytic additions enhanced proanthocyanidin

contents in Syrah and Tannat wines. Discriminant analysis from anthocyanin profile shows significant separation between the wines of each variety since the relationship among these compounds are largely related to the cultivar and the vintage, despite of the effect of the winemaking procedures.

Key words: Polyphenols, anthocyanins, red wines, Tannat.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades sensoriales y la composición de los vinos dependen de la uva de origen y del proceso de vinificación empleado (Sacchi *et al.*, 2005). Los principales compuestos bioactivos de los vinos son los antocianos y otros polifenoles, como los taninos, que son relevantes desde el punto de vista tecnológico, sensorial y nutricional. Originados en el metabolismo secundario de la vid, estos compuestos se acumulan en los hollejos y semillas de las uvas y son extraídos en el proceso de maceración, característico de la elaboración de vinos tintos (Sacchi *et al.*, 2005; Fulcrand *et al.*, 2006). Los taninos (proantocianidinas) determinan la astringencia y el sabor amargo, en tanto los antocianos son los pigmentos rojo-azulados de uvas y vinos tintos (Cheynier *et al.*, 2006). Numerosos estudios han sugerido que los antocianos, y otros polifenoles de la uva y el vino, tienen una amplia gama de propiedades que pueden incidir positivamente en la salud humana. Por lo tanto, estos compuestos son considerados constituyentes de alimentos funcionales, que pueden tener importantes implicaciones en la prevención de enfermedades crónicas (Pojer *et al.*, 2013).

La elaboración tradicional de vinos tintos se caracteriza por el desarrollo simultáneo de la fermentación alcohólica y la maceración. Numerosas técnicas han sido propuestas como alternativas a la tradicional, considerando el efecto selectivo que las condiciones de maceración tienen en la extracción de los diferentes componentes de la uva y en las reacciones en las que éstos participan (Sacchi *et al.*, 2005; González-Neves *et al.*, 2012; Ortega-Heras *et al.*, 2012).

El objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia de distintas técnicas de vinificación en la composición de los vinos en tres variedades de uva, estudiando particularmente la composición polifenólica general y el perfil antocianico de los vinos. Los ensayos se realizaron empleando Tannat, Syrah y Merlot, variedades tintas de *Vitis vinifera* L. cultivadas de manera importante en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se comparó el efecto de una maceración tradicional (MT), la adición de enzimas de maceración (ENZ) y una maceración pre-fermentativa en frío (MPF), empleando uvas Tannat, Syrah y Merlot producidas en el Sur de Uruguay. Dos lotes de 70 kg de uvas fueron vinificados con cada técnica. Los vinos fueron analizados a los 4 meses de su elaboración, determinando por espectrofotometría los contenidos de polifenoles totales (Folin-Ciocalteu, según Singleton y Rossi, 1965) y proantocianidinas (Ribéreau-Gayon y Stonestreet, 1966), y por HPLC-DAD los pigmentos antocianicos y sus derivados (Revilla *et al.*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los contenidos de polifenoles de los vinos. Los vinos Tannat tuvieron contenidos significativamente mayores de proantocianidinas y antocianos, particularmente cuando se elaboraron mediante las técnicas alternativas.

La MPF incrementó los contenidos de polifenoles totales, proantocianidinas y antocianos en los vinos Tannat y Merlot. Las enzimas pectolíticas determinaron un incremento de los

contenidos de polifenoles totales en todos los vinos, con impacto en las proantocianidinas en Syrah y Tannat, y en La MPF incrementó los contenidos de polifenoles totales, proantocianidinas y antocianos en los vinos Tannat y Merlot. Las enzimas pectolíticas determinaron un incremento de los contenidos de polifenoles totales en todos los vinos, con impacto en las proantocianidinas en Syrah y Tannat, y en los antocianos solamente en Tannat (Figura 1). Estos resultados indican que la vinificación incide significativamente en las características sensoriales (color, astringencia) y propiedades nutricionales de los vinos (Cheynier *et al.*, 2006; Fulcrand *et al.*, 2006; Pojer *et al.*, 2013).

Los perfiles antocianicos de los vinos de las distintas variedades presentaron diferencias significativas. Los vinos Syrah tuvieron las mayores proporciones de malvidina y peonidina, en tanto los Tannat fueron relativamente más ricos en delfinidina y petunidina (Tabla 1). A su vez, los Syrah tuvieron las mayores proporciones de glucósidos acetilados y los Tannat las de cumarílicos y no acilados (datos no mostrados).

La consideración de los perfiles antocianicos en un Análisis Discriminante permitió realizar una diferenciación perfecta entre los vinos de cada variedad (Figura 2), lo que indica que las proporciones de los distintos antocianos en cada vino están determinadas primordialmente por factores genéticos. Las distintas alternativas de vinificación no afectaron mayormente los perfiles antocianicos de los vinos (Tabla 1 y Figura 2).

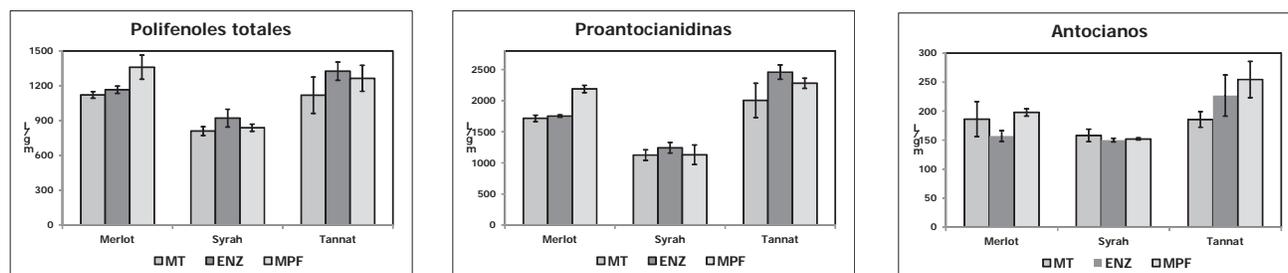


Figura 1. Contenidos polifenólicos de los vinos de cada variedad.

Tabla 1. Porcentaje de las diferentes formas antocianicas en los distintos vinos.

Variedad	Tratamiento	%Mv	%Pt	%Pn	%Dn
Merlot	TM	82,7	7,9	5,1	4,1
	ENZ	81,9	8,2	4,9	4,5
	MPF	82,6	8,2	4,4	4,3
Syrah	TM	86,8	5,2	5,4	2,1
	ENZ	84,7	6,0	6,0	2,6
	MPF	86,5	5,4	5,2	2,2
Tannat	TM	77,4	12,4	3,6	6,2
	ENZ	76,5	13,3	3,1	6,6
	MPF	76,5	13,0	3,4	6,6

Mv = malvidina, Pt = petunidina, Pn = peonidina, Dn = delfinidina.

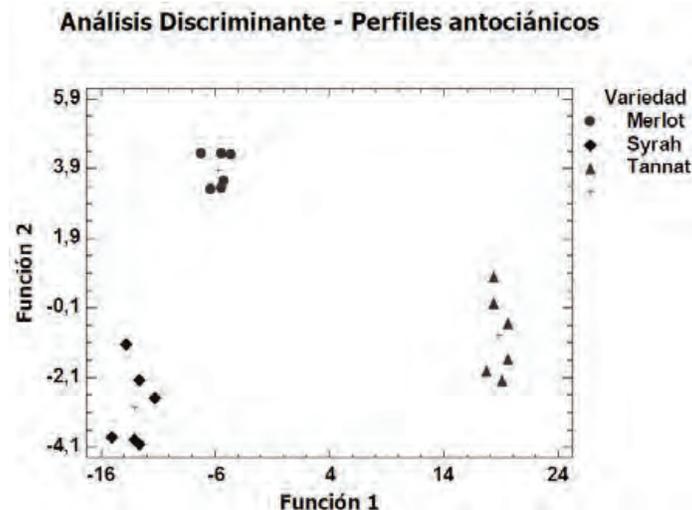


Figura 2. Análisis Discriminante realizado con los % de las distintas formas antociánicas en los vinos de cada variedad.

CONCLUSIONES

Las técnicas alternativas de vinificación empleadas tuvieron distinto impacto en la composición polifenólica de los vinos según la variedad de uva. La MPF incrementó los contenidos de polifenoles en los vinos Tannat y Merlot. Las enzimas pectolíticas determinaron un incremento de los contenidos de proantocianidinas en Syrah y Tannat, y de los antocianos solamente en Tannat. Los perfiles antociánicos de los vinos de cada variedad no fueron modificados significativamente por las técnicas de vinificación alternativas, lo que indica que están determinados primordialmente por factores genéticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Vitivinicultura de Uruguay por sus aportes para la realización de este trabajo. Se agradece a Graciela Gil, Cecilia Baldi, Natalia Hernández y Sofía Traverso por su participación en los análisis de los vinos. Este estudio fue parcialmente financiado por el Proyecto CSIC I+D 2010 N° 130.

BIBLIOGRAFÍA

Cheyrier, V., M. Dueñas-Paton, E. Salas, C. Maury, J. Souquet, P. Sarni-Manchado and H. Fulcrand. 2006. Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture* 57(2): 298-305.

Fulcrand, H., M. Dueñas, E. Salas and V. Cheyrier. 2006. Phenolic reactions during winemaking and aging. *American Journal of Enology and Viticulture* 57(3): 289-297.

González-Neves, G., G. Gil, G. Favre and M. Ferrer. 2012. Influence of grape composition and winemaking on the anthocyanin

composition of red wines of Tannat. *International Journal of Food Science and Technology* 47(5): 900-909.

Ortega-Heras, M., S. Pérez-Magariño and M. González-Sanjosé. 2012. Comparative study of the use of maceration enzymes and cold pre-fermentative maceration on phenolic and anthocyanic composition and colour of a Mencía red wine. *LWT—Food Science and Technology* 48(1): 1-8.

Pojer, E., F. Mattivi, D. Johnson and C. Stockley. 2013. The case for anthocyanin consumption to promote human health: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12(5): 483-508.

Revilla, I., S. Pérez-Magariño, M. González-Sanjosé and S. Beltrán. 1999. Identification of anthocyanin derivatives in grape skin extracts and red wines by liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A* 847(1): 83-90.

Ribéreau-Gayon, P. and E. Stonestreet. 1966. Dosage des tanins dans le vin rouge et détermination de leur structure. *Chimie Analytique* 48(4): 188-196.

Sacchi, K., L. Bisson and D. Adams. 2005. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 56(3): 197-206.

Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic and phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144-158.

Alternativa de Secado de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) Mediante Ventana de Refractancia y Aire Caliente

Alternative Drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Through Refractance Windowtm and Convective Air

María Fernanda Jiménez^{1*}, Jose David Cárdenas², Alfredo Ayala-Aponte³ y Jaime Restrepo⁴

¹ Ingeniera de Alimentos. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. *Autor a quien va dirigida la correspondencia: <mfjv6891@gmail.com>

² Ingeniero de Alimentos. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. <jodacani@gmail.com>

³ Profesor Asociado. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. <alfredo.ayala@correounivalle.edu.co>

⁴ Profesor Titular. Universidad del Valle. Departamento de Química. <jaime.restrepo@correounivalle.edu.co>

Resumen. La Ventana de RefractanciaTM (VR) es una técnica novedosa que utiliza la energía infrarroja del agua para secar vegetales con alta retención de calidad. El secado convectivo (SC) es un método tradicional que emplea aire caliente para el secado de vegetales. Se evaluaron los métodos de secado por VR (68°C) y SC (68°C) sobre las cinéticas de secado y actividad de agua (aw) en muestras de flor de Jamaica. Las cinéticas se modelaron con las ecuaciones de Page y Logarithmic. La técnica de VR presentó mayor cinética de secado y menor aw. Los modelos Page y Logarithmic ajustaron adecuadamente las cinéticas de secado en VR y SC.

Palabras clave: Secado, cinéticas, flor de Jamaica

Abstract. Refractance WindowTM (RW) is a novel technique that uses water's infrared energy to dry heat-sensitive vegetables with high quality retention. Convective drying (CD) is a traditional method that uses hot air in the drying of vegetables. Drying methods RW (68°C) and CD (68°C) were evaluated on the drying kinetics and water activity (aw) of Roselle samples. The drying kinetics were modeled with Page and Logarithmic equations. RW technique showed faster drying kinetics and lower aw. Page and Logarithmic models fitted properly the drying kinetics on RW and CD.

Key words: Drying, drying kinetics, roselle.

INTRODUCCIÓN

La flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta comestible altamente perecedera, sus cálices son de alto consumo en infusión o aromática por su propiedades antioxidantes (Hid-Cadena *et al.*, 2010). Tradicionalmente se deshidrata mediante exposición directa al sol, sin control del proceso, con largos periodos de tiempo (entre 24 y 48 h) y pérdidas significativas de calidad (Daniel *et al.*, 2012). La VR es una técnica novedosa que utiliza la energía infrarroja del

agua para secar vegetales sensibles al calor de forma eficiente y con alta retención de calidad (Abonyi *et al.*, 2002). El objetivo de este trabajo es ofrecer alternativas de secado a la flor de Jamaica mediante los métodos de VR y SC, evaluando las cinéticas de secado y aw. Adicionalmente las cinéticas se modelaron con las ecuaciones de Page y Logarithmic.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon muestras de flor de Jamaica de 1x2 cm con espesor de 5 mm. Para VR se empleó un equipo piloto que consiste en un reservorio de agua con control de temperatura y caudal, la temperatura del agua fue 68°C en cuya superficie se desliza una membrana de poliéster transparente al paso de la energía infrarroja. Las muestras se secaron en la superficie de esta membrana midiendo contenidos de humedad (CH) a distintos tiempos. Para SC las muestras se colocaron en bandejas en acero inoxidable haciendo pasar aire caliente a 68°C y 0,65 m/s. La aw se midió a 180 min de cada proceso de secado. Los experimentos se realizaron por triplicado. Los resultados de CH se interpretaron a partir de la razón de humedad (MR) (Ec. 1), la cual se simplificó (Ec. 2), teniendo en cuenta que en VR no se controla la humedad relativa del aire que entra en contacto con el material (Ocoro & Ayala, 2012).

$$MR = \frac{x_t - x_e}{x_o - x_e} \text{ (Ecuación 1)} \quad MR = \frac{x_t}{x_o} \text{ Ecuación 2)}$$

Donde x_o : CHbs inicial y x_t : CHbs en el tiempo t (kg agua/ kg s.s), se determinaron mediante el método AOAC (1980). La a_w se midió en un Aqualab (4TE, USA). Las cinéticas de secado fueron modeladas por las ecuaciones empíricas de Page (Ec. 3) y Logarithmic (Ec. 4).

$$MR = \exp(-kt^n) \text{ (Ecuación 3)}$$

$$MR = n \exp(-kt) + a \text{ (Ecuación 4)}$$

Los valores experimentales se procesaron mediante el programa MINITAB 16, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El CH inicial de las muestras de flor de Jamaica fue de $7,05 \pm 0,61$ kg agua/kg s.s. Las muestras secadas por VR mostraron mayor rapidez en el secado que las muestras por SC, alcanzando menor CH a un mismo tiempo (Figura 1). A los 180 min las muestras secadas por VR alcanzaron un CH de $0,156 \pm 0,01$ kg agua/kg s.s, mientras que por SC alcanzaron $0,464$ kg agua/kg s.s. Este resultado puede ser atribuido posiblemente a la ventaja de la técnica de VR de aplicar los tres mecanismos de transferencia de calor (convección, conducción y radiación) durante el proceso de secado, con predominio de la transferencia de radiación. El ANOVA evidenció un efecto significativo ($p < 0,05$) del método de secado sobre el CH en todos los tiempos del proceso. Resultados similares se observaron en mango (Ochoa-Martínez *et al.*, 2012) y zanahoria (Abonyi *et al.*, 2002).

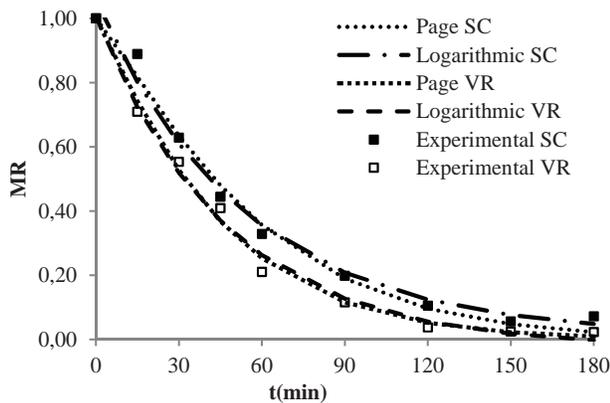


Figura 1. Cinéticas de secado y modelamiento.

Tabla 1. Parámetros cinéticos de los modelos matemáticos para VR y SC.

Método	Modelo	Constantes del modelo			r^2	χ^2 ($\times 10^{-3}$)
		k ($\times 10^{-2}$)	n	a		
VR	Page	1,48	1,10	-	0,99	0,82
	Logarítmico	2,13	1,02	-0,024	0,99	0,97
SC	Page	0,82	1,18	-	0,99	1,01
	Logarítmico	1,85	1,04	0,011	0,99	1,25

Los modelos Page y Logarítmico presentaron buen ajuste de las cinéticas de secado por los dos métodos, presentando r^2 cerca de 1 y χ^2 cerca a cero (Tabla 1). Con respecto a la a_w (Figura

2), se evidenció un efecto significativo ($p < 0,05$) del método de secado sobre la a_w al final del proceso. A los 180 min de secado las muestras secadas por VR alcanzaron valores de a_w de 0,53, mientras que por el SC alcanzaron 0,75. Valores de a_w por debajo de 0,63 están asociados a la estabilidad microbiana del producto, lo cual indica el efecto positivo del método de VR.

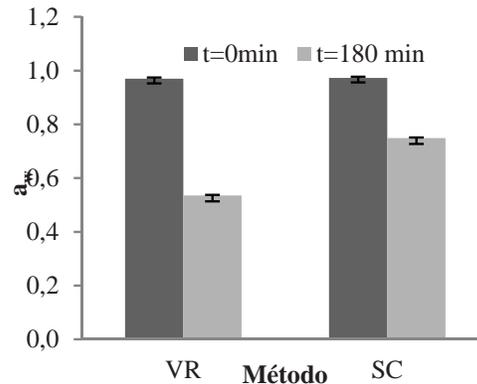


Figura 2. a_w a 0 y 180 minutos de proceso.

CONCLUSIONES

Se evidenció que los métodos de secado de VR y SC son viables para el secado de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*), sin embargo el método de VR demostró mayor efectividad en el secado, por presentar mayor cinética de secado (CH bajos en tiempos cortos de secado) y menor a_w (inferior a 0,45). Estos resultados indican el alto potencial de secado de la VR para el secado de *Hibiscus sabdariffa L.*

BIBLIOGRAFÍA

- Abonyi, B. I., H. Feng, J. Tang, C.G. Edwards, B.P. Chew, D.S. Mattinson and J.K. Fellman. 2002. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance WindowTM system. *Journal of food science* 67(3), 1051-1056.
- AOAC. Official methods of analysis. 13th edition. Washington D.C.: Association of the Official Agricultural Chemists; 1980.
- Daniel, D. L., B.E. Huerta, I.A. Sosa and M.G. Mendoza. 2012. Effect of fixed bed drying on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Industrial Crops and Products* 40, 268-276.
- Hid-cadena, R., A.B. Bautista, A.E. Ortega, J. S. Welti, J.D. Lozada y C. Anaya. 2010. Cambios en contenido de compuestos fenólicos y color de extractos de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) sometidos a calentamiento con energía de microondas. En: *Memorias IX Congreso Nacional de Color*, Universidad de Alicante.

Ochoa-Martínez C.I., P.T. Quintero, A.A. Ayala and M.J. Ortiz. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. *Journal Food Engineering* 109(1): 69-75.

Ocoró-Zamora, M.U and A.A. Ayala-Aponte. 2012. Evaluación de la técnica de ventana de refractancia en el secado de puré de papaya (*Carica papaya L.*). *Vitae* 19, 72-73.

Cocción por Extrusión de Harina de Batata Biofortificada

Extrusion Cooking of Biofortified Sweet Potato Flour

María Fernanda Jiménez^{1*}, Sonia Gallego², Alejandro Fernández³

- 1 Ingeniera de Alimentos. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería. *Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: <mfjv6891@gmail.com>
- 2 Ingeniera Química. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Km 17 vía Palmira, Valle. <s.gallego@cgiar.org>
- 3 Profesor Titular. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. <alejandro.fernandez@correounivalle.edu.co>

Resumen. Se evaluó el proceso de cocción por extrusión sobre el índice de solubilidad (ISA) y absorción de agua (IAA), el color (ΔE) y el contenido de β -caroteno en harinas de batata biofortificada de 3 cultivares, a humedades de alimentación de 18 y 22% y empleando un extrusor de doble tornillo con temperaturas a la salida del extrusor de 120 y 140°C. Los datos obtenidos mostraron que a mayor temperatura y menor humedad aumenta ISA y ΔE , mientras que disminuye IAA y el contenido de β -caroteno. La tecnología de extrusión puede ser empleada en la obtención de harinas pre-cocidas de batata de buena fuente de vitamina A.

Palabras clave: Índice de solubilidad, índice de absorción, color, β -caroteno.

Abstract. The effect of extrusion cooking process was evaluated on the Solubility Index (WSI), Water Adsorption Index (WAI), total color change (ΔE), and β -carotene content on samples of biofortified sweet potato flour from three cultivars. The following conditions were used: feed humidity (18% and 22%) and twin screw extruder's temperatures at barrel's zones 2 and 3 (70-120°C and 100-140°C, respectively). The data obtained showed an increase in WSI and ΔE and a decrease in WAI and β -carotene content with a higher temperature and lower humidity. The extrusion cooking technology can be used to obtain pre-cooked sweet potato flour as a source of vitamin A.

Key words: Water solubility index, water adsorption index, color, β -carotene.

INTRODUCCIÓN

La harina de batata (*Ipomoea batatas L.*) es fuente de vitamina A cuando se obtiene a partir de variedades de alto contenido de β -caroteno (Alves, 2012). Su elaboración, como producto

que posee este pigmento propio del alimento, es clave para disminuir la desnutrición (Fonseca, 2008). Sin embargo, aquella harina obtenida mediante el secado y molienda de las partes comestibles de la raíz no es soluble en agua, por ende, en preparación de coladas y sopas, es necesaria la aplicación de altas temperaturas en tiempos largos para gelatinizar el almidón (Borba, 2005). Al emplear extrusión, se realiza una pre-cocción y en consecuencia, se obtienen alimentos de mayor facilidad de preparación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó harina de batata de 3 cultivares de pulpa naranja (CIP440016, CIP440287, HUAMBACHERO 2). Se empleó un extrusor de doble tornillo con L/D de 18,8 cm y dado con abertura de 5mm. Se controló la velocidad de rotación de tornillo de 30 Hz y la velocidad de alimentación de 16 Hz. Los extruidos se secaron hasta humedad de 5% aproximadamente.

Para ISA e IAA se centrifugó una suspensión de 1,25 g de harina pre-cocida previamente tamizada en 15 mL de agua destilada. El líquido sobrenadante se secó para determinar el contenido de sólidos solubles (Ecuación 1) y el gel remanente se pesó para determinar la cantidad de agua que absorbió la muestra (Ecuación 2).

$$ISA = \frac{\text{Peso desolidos solubles (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \quad (1)$$

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \quad (2)$$

El análisis del color se realizó por medio de un colorímetro. Utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador

10°. Se obtuvieron las coordenadas de color $L^*a^*b^*$ y a partir de éstas se estimó el cambio de color total ΔE (Ecuación 3).

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L_t)^2 + (b_o - b_t)^2 + (a_o - a_t)^2} \quad (3)$$

La cuantificación de trans- β -caroteno se realizó por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC). Los valores experimentales se procesaron mediante el programa MINITAB 16, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la Tabla 1 muestran que ISA aumenta con la temperatura de extrusión y disminuye con la humedad de la alimentación, caso contrario a IAA. Este comportamiento se presentó debido a que hubo una alta tasa de cizallamiento en el proceso que provocó una mayor alteración en los gránulos de almidón, que llevó a la dextrinización del mismo (De Mattos *et al.*, 2011). Resultados similares fueron encontrados por Borba *et al.*, 2005 en un estudio acerca del efecto de los parámetros de extrusión sobre las propiedades funcionales de extruidos de harina de batata, en donde obtuvieron valores de solubilidad de 10 a 22%, dado que emplearon un extrusor de tornillo simple.

Tabla 1. Extrusión de batata

Tratamiento	ISA (%)	IAA (g gel/g)	ΔE	β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)
1. 016,18%,70-120°C	24,93	3,84	11,53	44,32
2. 016,18%, 100-140°C	26,6	3,46	10,2	42,11
3. 016, 22%,70-120°C	27,37	3,00	8,37	38,25
4. 016, 22%, 100-140°C	23,77	3,61	13,43	25,78
5. 287,18%,70-120°C	23,57	3,87	6,78	59,66
6. 287,18%, 100-140°C	24,78	3,33	11,67	49,91
7. 287, 22%,70-120°C	24,24	3,98	8,77	50,00
8. 287, 22%, 100-140°C	25,79	3,8	12,06	57,55
9. H2,18%,70-120°C	33,15	3,69	7,34	174,84
10. H2,18%, 100-140°C	34,5	3,07	8,5	196,80
11. H2, 22%,70-120°C	29,55	3,56	8,72	159,37
12. H2, 22%, 100-140°C	30,39	3,65	6,64	157,50

Del mismo modo se observa claramente la influencia de la temperatura sobre la pérdida de β -carotenos y el cambio de color. Al aumentar la temperatura en el extrusor, éstas son mayores. Las temperaturas altas, aún en ausencia de oxígeno,

provocan la degradación de los β -carotenos y el oscurecimiento de la harina de batata debido a la caramelización de los azúcares presentes (Waramboi, 2013). En el procesamiento de harina de trigo con β -caroteno añadido, empleando un extrusor de doble tornillo, el aumento de las temperaturas del cilindro desde 125 a 200°C dieron como resultado la destrucción de más del 50% de todos los trans β -carotenos (Guy, 2001). En este caso hubo pérdidas de aproximadamente 34% con respecto a las harinas obtenidas por el secado y molienda de las batatas. El mejor tratamiento obtenido fue la variedad Huambachero 2, a 18% de humedad y temperaturas de 100-140°C.

CONCLUSIÓN

Los valores obtenidos de ISA e IAA, color y contenido de β -caroteno muestran que se pueden obtener harinas pre-cocidas o pre-gelatinizadas de buena calidad para emplear en alimentación infantil por ser de fácil preparación y por el aporte en pro-vitamina A debido a la biofortificación del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alves, R.; D. Ito, J. Carvalho, W. Melo e R. Godoy. 2012. Estabilidade da farinha de batata-doce biofortificada. *Brazilian Journal of Food Technology*. 16(1): 69-71.
- Borba, M., S. Sarmiento e M. Leonel. 2005. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. *Food Science and Technology (Campinas)*, 25: 835-843.
- De Mattos, L., J. Ascheri, C. De Oliveira, T. De Menezes, J. Viana and M. Nutti. 2011. Propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados. In: IV Reunião de Biofortificação. Teresina - Piauí, Brasil.
- Fonseca, M., A.G. Soares, M. Freire, D. Almeida and J. L. Ascheri. 2008. Effects of extrusion cooking in total carotenoids content in cream and orange flesh sweet potato cultivars. *Horticultura Brasileira* 26(1): 112-115.
- Guy, R. (2001). Extrusión de los alimentos, tecnologías y aplicaciones. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España
- Waramboi, J.G, M.J Gidley and P.A Sopade. 2013. Carotenoid contents of extruded and non-extruded sweetpotato flours from Paupa New Guinea and Australia. *Journal of Food Chemistry* 141 (3): 1740-1746.

Influencia del Almacenamiento sobre la Calidad Postcosecha de dos Nuevas Variedades de Arveja (*pisum sativum L.*): Alcalá y Sureña

Influence of Storage Condition on Postharvest Quality of Two New Pea (Pisum sativum L.) Cultivars: Alcalá and Sureña

Laura Inés Latorre Vásquez¹, Diego Fernando Mejía-España², y Oswaldo Osorio Mora³.

- 1 Ingeniera Agroindustrial. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. <lauralatorrev@gmail.com>
2 Profesor asistente. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. <diegomejiaes@udenar.edu.co>
3 Profesor asociado. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. <osorio_oswaldo@hotmail.com>

Resumen. Granos de arveja de variedades Alcalá y Sureña, se sometieron a dos condiciones de almacenamiento refrigerado (R) a 0°C y Temperatura Ambiente (TA) a 14°C, para evaluar su comportamiento postcosecha durante 14 días. Los resultados mostraron valores de tasa respiratoria cercanos a los 40 (R) y 300 mg CO₂/kg-h (TA); la pérdida de peso fue de 1% (R) y 3% (TA), en ambas variedades, y se evidenciaron cambios de color, reflejados en la pérdida de luminosidad de los granos en Sureña y cambio de la tonalidad en Alcalá.

Palabras clave: Color, leguminosa, pérdida de peso, respiración.

Abstract. Two new pea beans cultivars, Alcalá and Sureña, were subjected to two common conditions of storage: refrigeration (R) at 0°C and room temperature (TA) at 14°C, to evaluate their physiological behavior, during 14 days. Results showed respiratory rate values close to 40 (R) and 300 mg CO₂/kg-h (TA); a weight loss of around 1% (R) and 3% (TA), in both cultivars; and the color index exhibit loss of luminosity on Sureña grains and change of tonality in Alcalá grains.

Key words: Color index, legume, weight loss, respiratory index.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción de arveja se extiende a catorce departamentos, con mayor concentración en Nariño (32,5%) y Cundinamarca (22,3%). Las arvejas tienen grandes beneficios nutricionales (Smykal *et al.*, 2012). Es uno de los cultivos más importantes para la región por su capacidad de adaptación y alto potencial de rendimiento (Timaná *et al.*, 2010). El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta de dos nuevas variedades de arveja agrónomicamente aptas, expuestas en dos condiciones de almacenamiento comunes. Se estudiaron

la variación de la tasa respiratoria, la pérdida de peso y el índice de color de los granos frescos bajo almacenamiento refrigerado (0°C) y a temperatura ambiente (14°C).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material. Los granos de arveja Sureña y Alcalá fueron cosechados en la Finca Lope del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño.

Medición de Tasa Respiratoria. Se utilizó la metodología de Valenzuela *et al.*, (2011) utilizando un sensor automático (Lutron GC-2028 CO₂) (Ecuación 1), donde Vg = volumen del gas; W = Peso; t = Tiempo (min).

$$\frac{mgCO_2}{kg.h} = \frac{2(\%CO_2)(Vg)60}{(W)(t)100} \quad (1)$$

Pérdida de peso. Se midió con una balanza analítica KERN (Ecuación 2), donde %PP = % de pérdida de peso; W_o = Peso inicial del grano (g); W_f = Peso final del grano (g).

$$\%PP = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad (2)$$

Índice de color (IC). Se midió por el método de captura de imágenes, con una cámara digital CANON de 10 MP y analizadas con el programa Adobe Photoshop CS5, donde L, a y b son los parámetros del sistema color CIELAB (Valenzuela *et al.*, 2011).

$$IC = \frac{1000 * a}{L * b} \quad (3)$$

Análisis estadístico. Se hizo un diseño experimental completamente aleatorio, con cinco puntos de lectura a los 0, 2, 5, 7 y 14 días, por triplicado. Los resultados se analizaron

mediante un ANOVA y se graficaron con el programa SIGMA PLOT 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta la tasa respiratoria y pérdida de peso en las dos variedades de arveja (Sureña y Alcalá), en refrigeración a 0°C y a temperatura ambiente (14°C), obtenidas de promedios de tres repeticiones. Los granos presentaron un rápido incremento en la tasa respiratoria que alcanzó su máximo a los 2 días de almacenamiento (390 y 40 mg CO₂/kg*h a TA y R, respectivamente). Un comportamiento similar fue reportado por (Muy-Rangel *et al.*, 2011), que es típico de un producto en madurez hortícola (inmaduro). Los valores son similares a los reportados por (Morris y Jobling *et al.*, 1998). La pérdida de peso fue del 3% para las dos variedades al cabo de 7 días de almacenamiento. En refrigeración el tiempo de vida útil se prolongó hasta los 14 días en ambas variedades, debido a una menor pérdida de peso (1,5%) y una disminución de su tasa respiratoria.

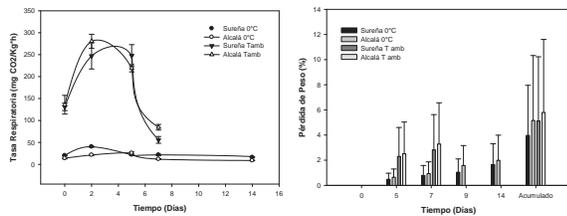


Figura 1. Tasa respiratoria y pérdida de Peso en dos variedades de arveja (Sureña y Alcalá), en refrigeración a 0°C y a temperatura ambiente (14°C).

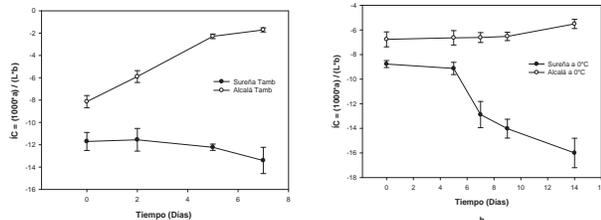


Figura 2. IC en variedades de arveja Sureña y Alcalá a temperatura ambiente (a) y en refrigeración a 0°C (b).

La Figura 2 muestra que el incremento de temperatura provoca un incremento en la velocidad de amarillamiento de la variedad Alcalá, el cual se observó a los 7 días (TA) y a los 14 días a 0°C, mientras que la variedad Sureña mantuvo su coloración verde, aunque disminuyó su Luminosidad. La causa del amarillamiento se puede atribuir a factores genéticos (Babatola *et al.*, 2008) limpieza, clasificación, enfriamiento, almacenamiento, empaque, transporte y mercadeo. La

tecnología de manejo postcosecha es un puente entre el productor y el consumidor de tiempo y distancia. el manejo postcosecha involucra la aplicación práctica de principios de ingeniería y el conocimiento de la fisiología vegetal para resolver problemas (Fasana, 2006 y a la degradación de la clorofila (Erge *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

A temperatura ambiente el tiempo de conservación de las dos variedades fue aproximadamente de 5 días, al cabo de los cuales empiezan procesos de fermentación y exudación. La temperatura de 0°C mantuvo las características durante 14 días. El comportamiento de las dos variedades de arveja fue similar, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) excepto en el índice de color, donde la variedad Alcalá mostró una fuerte tendencia al amarillamiento, debido a sus características genéticas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño, a la Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) y a COLCIENCIAS por la convocatoria 525 del 2011, Jóvenes Investigadores e Innovadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Babatola, L., D. Ojo, and I. Lawal. 2008. Influence of Storage Conditions on Quality and Shelf Life of Stored Peas. *J. Biol. Sci.*
- Erge, H.S., F. Karadeniz, N. Koca, and Y. Soyer. 2008. Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas. *GIDA* 33(5): 225–233.
- Morris, S., and J. Jobling. 1998. *Pea*. Report: 95–97.
- Muy-Rangel, M.D., M. Verdugo-Perales, T. Osuna-Enciso, M.A. Báez-Sañudo, J. Basilio-Heredia, B. Valdez-Torres, R. Contreras-Martínez, J.A. Sañudo-Barajas, and J.P. Campos-Sauceda. 2011. Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías poscosecha para mantener su calidad. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17(1): 39–45.
- Smykal, P., G. Aubert, J. Burstin, C.J. Coyne, N.T.H. Ellis, A.J. Flavell, R. Ford, M. Hýbl, J. Macas, P. Neumann, K.E. McPhee, R.J. Redden, D. Rubiales, J.L. Weller, and T.D. Warkentin. 2012. *Pea (Pisum sativum L.) in the Genomic Era. Agronomy* 2(4): 74–115.
- Timaná, Y., A. Valencia, and O. Checa. 2010. Evaluación del complejo ascochyta (*A. pisi*) y *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) en 20 líneas de arveja (*Pisum sativum L.*) Universidad de Nariño - Facultad de Ciencias Agrícolas. 27.
- Valenzuela, J.L., F.J. Valverde Juárez, S.L. Mejía Torres, G. López Angulo, and M.O. Vega García. 2011. Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 17(2): 115–128.

Tratamiento Enzimático en la Extracción Mecánica de Aceite de Semilla de Mango, *Mangifera indica* L.

Enzymatic Treatment in the Mango Seed Oil Mechanical Extraction, Mangifera indica L.

Martha del Pilar López Hernández¹; Angélica Sandoval Aldana² y Jorge Valencia Montoya³.

¹ Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Tolima. Calle 67 No. 53-108 B, Santa Helena, Ibagué. <mdlopez@ut.edu.co>

² Profesor asistente. Universidad del Tolima. Departamento de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de ingeniería agronómica. Calle 67 No. 53-108 B, Santa Helena, Ibagué. <apsandovala@ut.edu.co>

³ Investigador profesional. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, C.I. Nataima. Km 9 vía Espinal-Ibagué. <jvalencia@corpoica.org.co>

Resumen. Se estudió el efecto de la incorporación de enzimas sobre el rendimiento de extracción por prensado de aceite de semilla de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Kala Alphonso. El tratamiento enzimático se efectuó previo al prensado con dos preparados enzimáticos y su efectividad se comparó con un control sin catalizador. El mejor rendimiento de extracción se logró trabajando con la enzima Viscozyme® L obteniendo un rendimiento del 33,5 % con un pretratamiento por 6 horas a 40 °C, superando en un 19,06 % al control. El estudio realizado demostró que la incorporación de un tratamiento enzimático es una alternativa viable para realizar el proceso de extracción de aceite de semilla de mango, ya que mejoró el rendimiento de extracción en comparación con el mismo sin enzima.

Palabras clave: Aceite, *Mangifera indica* L., prensa hidráulica, semilla, tratamiento enzimático.

Abstract. It was studied the effect of enzymes addition on the performance of oil extraction by pressing mango (*Mangifera indica* L.) seeds from Kala Alphonso variety. The enzymatic treatment is realized before press and it was used two enzyme preparations and their effectiveness was compared with a control without catalyst. The best extraction yields were achieved by using the enzyme Viscozyme® L. It was obtained a yield of 33.5 %, with a 6-hour pretreatment at 40 °C, exceeding 19.06 % to control. The study showed that the incorporation of an enzyme treatment is a viable alternative for the extraction process in mango seed oil, as extraction efficiency improved compared with the same without enzyme.

Key words: Oil, *Mangifera indica* L, hydraulic press, seed, enzymatic treatment.

INTRODUCCIÓN

En la industria del mango, en donde solo es aprovechada su pulpa, se genera una gran cantidad de subproductos, principalmente semillas que representan de un 15 % al 20 %

del total del fruto (Salunkhe y Kadam, 1995). Sin embargo, la semilla de mango es una fuente rica en proteínas y grasas (Fowomola, 2010); para el año 2000 la comunidad europea la admitió como una de las seis grasas tropicales para el reemplazo parcial de la manteca de cacao en productos de chocolatería (CE, 2000). La utilización de enzimas previo al prensado, es una técnica que ha sido ampliamente utilizada en la extracción de aceite de materiales vegetales. Collao *et al.*, (2007) realizaron la evaluación del tratamiento enzimático previo al prensado en frío de la semilla de *Oenothera biennis*, encontrando que el rendimiento de extracción aumenta un 12%. La presente investigación estudia la incorporación de dos preparados enzimáticos previo al prensado, con el fin de mejorar el rendimiento de extracción de semilla de mango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajaron frutos maduros de la variedad Kala Alphonso. Las semillas se secaron y molieron hasta alcanzar un contenido de humedad del $8,0 \pm 0,2$ % y un tamaño de partícula aproximado de 2 mm. Se definió un diseño experimental de superficie de respuesta utilizando el programa Design Expert® 8.0.0 estudiando tres factores: tipo de enzima: Viscozyme® L (compuesta principalmente por betaglucanasa) y Rapidase® TF (mezcla de pectinasas y hemicelulasas), temperatura (30 °C y 50 °C) y tiempo de incubación (2 h y 6 h); la variable respuesta fue el rendimiento de la extracción del aceite de semilla de mango. La hidrólisis enzimática se comparó con un control. Las condiciones generales de prensado fueron: presión 2400 psi, temperatura 50°C y tiempo 10 min. Se realizó el análisis de varianza ANOVA, a un nivel del 95 % de confianza ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de aceite en la harina inicial fue de 9,34 % (base seca) por soxhlet, con base en este dato se determina el

rendimiento en la extracción de aceite de semilla de mango en cada tratamiento. Sin tratamiento enzimático el rendimiento de extracción de aceite por prensado hidráulico fue del 14,44 % sobre el porcentaje inicial de aceite presente en la harina (9,34 %). Los tratamientos utilizados y el rendimiento de extracción de aceite obtenido se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos utilizados y rendimiento de extracción de aceite obtenido.

Tto.	Tipo de enzima	° C	h	% de aceite
1	Rapidase® TF	30	2	9.48
2	Viscozyme® L.	30	4	29.87
3	Rapidase® TF	50	2	14.03
4	Rapidase® TF	30	6	17.67
5	Viscozyme® L.	40	6	33.54
6	Viscozyme® L.	30	4	16.49
7	Viscozyme® L.	50	6	17.99
8	Rapidase® TF	40	4	9.27
9	Viscozyme® L.	40	2	5.85
10	Rapidase® TF	40	4	17.13
11	Rapidase® TF	50	6	11.90
12	Rapidase® TF	40	4	15.15
13	Viscozyme® L.	50	2	6.48
14	Viscozyme® L.	50	4	11.00
15	Rapidase® TF	30	4	21.56

En la Figura 1, se observa que el preparado enzimático Rapidase® TF presentó un mayor rendimiento realizando el tratamiento por 4 h con un calentamiento a 30 °C. Al incrementarse el tiempo del tratamiento no se obtiene un mayor rendimiento, al contrario la enzima parece inhibirse ya que el rendimiento de extracción disminuye. En la Figura 2 la superficie muestra que la enzima Viscozyme® L presenta un mayor rendimiento al utilizar una temperatura de 40 °C y un tiempo de 6 h, después de esta temperatura, la enzima se inhibe, similar a la reacción que ocurre con Rapidase® TF.

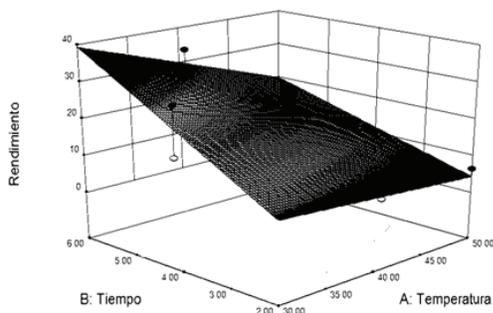


Figura 1. Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Rapidase® TF.

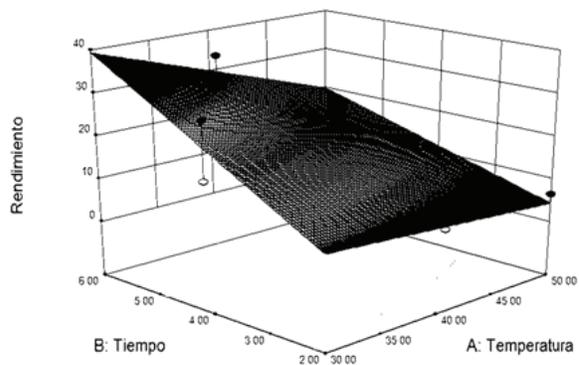


Figura 2. Superficie de respuesta para el proceso de extracción de aceite de semilla de mango mediante el preparado enzimático Viscozyme® L

CONCLUSIONES

La enzima Viscozyme® L presentó el mayor rendimiento con un tiempo de 6 h y a una temperatura de 40 °C, aumentando el rendimiento en un 19.06 % comparado con la extracción sin pretratamiento. A pesar de esta leve mejora es necesario realizar nuevos estudios que incrementen el rendimiento de extracción de aceite de semilla de mango, considerando la amplia posibilidad que tiene este producto en diferentes industrias incluyendo la cosmética.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS por la financiación del proyecto “Caracterización de los Componentes Obtenidos de Almendras de Diferentes Acciones del Banco de germoplasma de Mango” del cual deriva esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Collao, C.A., E. Curotto y M.E. Zúñiga. 2007. Tratamiento enzimático en la extracción de aceite y obtención de antioxidantes a partir de semilla de onagra, *Oenothera biennis*, por prensado en frío. Revista grasas y aceites 58(1): 10-14.
- Comunidad Europea. 2000. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Directiva 2000/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de junio de 2000 relativa a los productos de cacao y de chocolate destinados a la alimentación humana. 3.8. 19-25 p.
- Fowomola, M. 2010. Some nutrients and antinutrients contents of mango (*Mangifera indica L.*) Seed. African Journal of Food Science 4(8): 472-476.
- Salunkhe, D. and S. Kadam. 1995. Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing. Estados Unidos de America. Editorial CRC Press. 155-156 p.

Efecto de la Pasterización de Leche Bovina en Módulo Piloto Diseñado para Intercambio Térmico

Pasteurization Effect on Bovine Milk in Pilot Module Designed for Heat Exchange

Olga Lucia Martinez Alvarez¹; Jhon Milciades Morales Castro²;
Luis Danilo Porras Barrientos³; Oscar Albeiro Quintero Cardona⁴.

¹Profesora Asociada, Facultad de Química Farmaceutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Análisis Sensorial, A.A 1226, Medellín, Colombia, grupsensorial@gmail.com

²Estudiante de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Química Farmaceutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, jhonmorales1@gmail.com

³Ingeniero de Alimentos, Facultad de Química Farmaceutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, lporras1025@gmail.com

⁴Ingeniero de Alimentos, Facultad de Química Farmaceutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, oscarquintero88@hotmail.com

Resumen. En la presente investigación se estudió el efecto de la pasterización sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de leche bovina en un prototipo diseñado y construido para intercambio térmico HTST (alta temperatura y corto tiempo). La metodología incluyó un diseño térmico mediante cálculos descritos por Albert Ibarz y Gustavo Cánovas; al igual que las propiedades físicas para alimentos de Choi y Okos e Incropera. Se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Los resultados fisicoquímicos fueron: grasa 3.2%, proteína 3.0%, sólidos no grasos 11.8%, acidez titulable 0.16%, densidad 1.033g/ml, índice crioscópico -0.533°C, pH 6.8; peroxidasa positiva y fosfatasa alcalina negativa. El análisis microbiológico presentó un recuento de mesófilos de 20UFC y un NMP de coliformes totales y fecales <3. El estudio sensorial se realizó con panel entrenado bajo la NTC 3932, los resultados mostraron que el proceso de pasterización mantuvo las características organolépticas de la leche en los descriptores de apariencia, olor, sabor, textura y calidad general. Se resalta la calificación en el sabor lácteo (4.5), fresco (4.2) y calidad general en escala de 1 a 3 de 2.7. La leche luego del proceso de pasterización desarrollado en el prototipo HTST cumplió con las especificaciones y normatividad sin afectar la calidad de la leche.

Palabras clave: Diseño de equipo, Sensorial, Intercambiador de calor.

Abstract. This research focuses on the pasteurization effect on the physical-chemical, microbiological and sensorial properties on bovine milk within a prototype designed and built for heat exchange HTST (High Temperature and Short Time). The methodology included a thermic design using calculations described by Albert Ibarz and Gustavo Cánovas; as well as, food physical properties from Choi and Okos and Incropera. For this study physical-chemical, microbiological

and sensorial analyses were made. The physical-chemical results were: fat 3.2%, protein 3.0%, nonfat solids 11.8%, titratable acidity 0.16%, density 1.033g/ml, cryoscopic index -0.533°C, pH 6.8; Peroxidase-positive and Alkaline phosphatase-negative. The microbiological analysis showed a Mesophilic count of 20UFC and a NMP of total and fecal coliforms <3. The sensorial study was made with a panel trained under NTC 3932. The results showed that the process of pasteurization kept the organoleptic characteristics of the milk for the appearance, smell, flavor, texture and overall quality descriptors. It is worth mentioning the milk flavor (4.5); freshness (4.2) and overall quality of 2.7 out of a 1 to 3 scale. After the pasteurization process made in the HTST prototype, the milk passed the specifications and normativity without affecting the quality of the milk.

Keywords: Equipment design, sensory, heat exchanger.

INTRODUCCIÓN

Los intercambiadores de calor de placas (PHEs) han sido utilizados ampliamente en las industrias de alimentos, especialmente en las procesadoras lácteas; gracias a su facilidad de limpieza y por garantizar un control térmico para procesos de esterilización y pasterización. Su estudio se ha basado en la recuperación de calor y la eficiencia del uso de energía durante los procesos industriales. Los PHEs consisten en una serie de placas corrugadas prensadas en un marco, lo cual permite generar un aumento considerable de la superficie de transmisión por placas. Una secuencia de canales delgados se forma entre las placas y la distribución del flujo de las corrientes caliente y fría se define por las perforaciones de estas y los empaques de material termorresistentes, por lo que un gran número de configuraciones es posible (Mazen, 2012) (Gut *et al.*, 2004) (Morison, 2005).

En la pasteurización de leche, el intercambio térmico utilizando PHEs se basa en una operación de estabilización para la reducción de la población de microorganismos presentes, para prolongar el tiempo de vida útil y garantizar la inocuidad del producto. Dicho proceso incrementa la temperatura entre 72°C y 76°C y la mantiene de 15 a 17 segundos a través de una tubería de retención. Es fundamental controlar las variables de temperatura y tiempo para garantizar la calidad de proteínas y enzimas que se pueden ver afectadas por calor excesivo (Morison, 2005). Debido a esto, el objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto de la pasteurización sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de leche bovina en un módulo piloto de intercambio térmico HTST.

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso Térmico. Las muestras de leche fueron admitidas a un tanque de enfriamiento y sometidas a un proceso de filtración mediante malla mesh 80, procesadas en un prototipo de pasteurización HTST para flujo másico operativo de 0,04 kg/s, diseñado y construido aplicando un escalado dimensional mediante cálculos de ingeniería aplicada descritas por (Ibarz, *et al.*, 2002), al igual que las ecuaciones de propiedades físicas de alimentos de (Choi *et al.*, 1986) e (Incropera *et al.*, 1996).

Análisis Fisicoquímico. Determinación de proteína, grasa, índice crioscópico, sólidos no grasos, densidad, mediante un analizador de leche marca Boeco-Lac-S. La acidez titulable se determinó con el método químico de titulación potenciométrica (Bernal, 1998) y el pH mediante un pH-metro marca HANNA HI 110. El análisis enzimático se realizó aplicando la norma NTC 5026 para fosfatasa alcalina por el método Fluorimétrico, además de la ausencia de peroxidasa (Pruitt *et al.*, 1990).

Análisis Microbiológicos. Método de recuento de microorganismos mesófilos aerobios (INVIMA/ Recuento en placa inclusión). Número más probable de coliformes totales y fecales (FDA-BAM /NMP (enumeration of *E.coli* and coliform bacteria) tubos múltiples.

Análisis Sensorial. Se realizó análisis sensorial con once jueces entrenados del Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad de Antioquia. Las condiciones ambientales para el ensayo fueron: 25°C ± 0.5 y %HR de 60 ± 5. El método utilizado fue descriptivo, bajo la NTC 3932, perfil sensorial por aproximación multidimensional para apariencia general, olor, sabor, textura y calidad general. La escala utilizada para calificar intensidades de los descriptores fue de 0 a 5, siendo 0 ausencia y 5 mayor intensidad, la calidad general se evaluó en escala de 1 a 3 donde 1 es baja y 3 alta.

Análisis Estadístico. Los datos sensoriales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$), tomando como referencia la comparación del valor F-calculado con el F-Crítico, para lo cual si el primero es mayor que el segundo se determina la diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño térmico generó flujos másicos de 0,067 kg/s agua a (78°C) y 0,309 kg/s agua a (1°C) durante el proceso de pasteurización. En la figura 1 se observa la vista del prototipo desarrollado mediante el uso del software de dibujo asistido Solid Edge V17. En las tablas 1 y 2 se presentan los valores fisicoquímicos y microbiológicos del análisis de la leche sometida al proceso de pasteurización. En la Figura 2 se observan los parámetros sensoriales de la leche pasteurizada evaluada en el módulo piloto. La percepción de intensidades por el panel no generó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ya que en todos los descriptores el F-Calculado fue menor que el F-Crítico, tal como se observa en la tabla 3.

La calidad general del producto fue de 2,7. El color se obtuvo por carta Pantone (110107 TP).

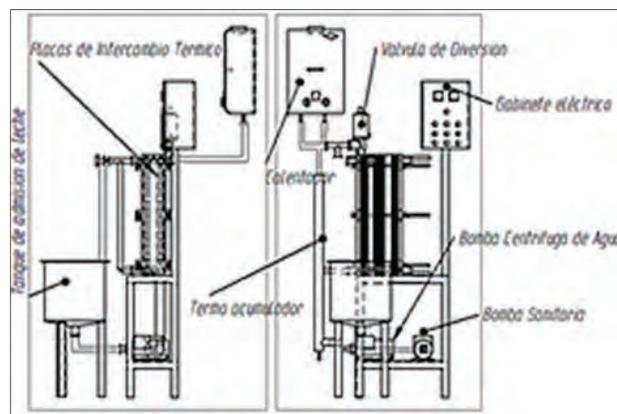


Figura 1. Vista Prototipo Intercambiador de Calor de Placas HTST.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos.

Parámetros	Leche Pasteurizada (Módulo Piloto)
Acidez Titulable (%Ac. Láctico)	0,16 ± 0,010
Densidad (g/ml)	1.033 ± 0,002
Fosfatasa alcalina	Negativa
Grasa (%)	3,2 ± 0,058
Índice Crioscópico	-0,533 ± 0,001

Parámetros	Leche Pasterizada (Módulo Piloto)
Peroxidasa	Positiva
pH	6,8 ± 0,058
Proteína (%)	3,0 ± 0,058
Solidos no grasos (%)	11,8 ± 0,058

Tabla 2. Análisis microbiológicos.

Parámetros	Leche Pasterizada (Módulo Piloto)
NMP coliformes fecales/g o ml	<3
NMP coliformes/g o ml	<3
Recuento mesófilos UFC/g o ml	20

Tabla 3. Resultados Análisis de Varianza (ANOVA).

ATRIBUTO	F- Calculado	F- Crítico
A.Brillo	1,98	4,07
A.Precencia de partículas grasas en superficie	0,64	4,07
A. Intensidad del color (110107 TP)	0,14	4,10
O. Fresco	0,84	4,08
O. Dulce	0,04	4,07
O. Lácteo	0,71	4,08
O.Graso	0,02	4,08
S.Fresco	0,05	4,10
S.Dulce	0,04	4,10
S.Lácteo	0,56	4,10
S. Establo	0,93	4,10
S.Graso	0,43	4,10
S.S Astringente	0,00	4,11
S. Salino	0,00	4,10
S.Suero	0,11	4,10
S. Residual amargo	0,05	4,07
T.Liquida	0,05	4,07
T.Grasa	1,17	4,07
T. Recubrimiento graso	0,42	4,07
T. Ligera	0,00	4,07
Calidad General	0,70	4,07

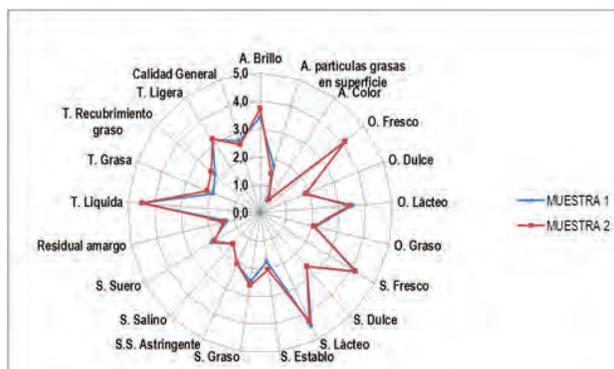


Figura 2. Análisis Sensorial de leche pasterizada en módulo piloto HTST

CONCLUSIONES

Las muestras luego del proceso de pasterización desarrollado en el prototipo HTST cumplieron con las normatividad de calidad en cuanto a su composición, inocuidad y calidad sensorial, sin evidenciar afectación por el proceso térmico y sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre ellas en los descriptores sensoriales.

AGRADECIMIENTOS

Fondo de Innovación Programa Gestión Tecnológica y Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia quienes financiaron el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal I. 1998. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Tercera edición, Santafé de Bogotá Colombia. 313 p.
- Choi Y., M. Okos. 1986. Effects of temperature and composition on the thermal properties of Foods. Food Engineering and Process Applications. 1. 93-101.
- Gut J., J. Pinto. 2004. Optimal configuration design for plate heat exchangers. International Journal of Heat and Mass Transfer. 47. 4833-4848.
- Ibarz A., G. Cánovas. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 865p.
- Incropera F, P. Dewitt. 2011. Introducción a la transferencia de calor. Sexta Edición. Wiley. New York, USA. 960p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC. NTC 3932. 1996. Análisis sensorial: Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional. Bogotá. D.C., 33 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. ICONTEC. NTC 5026. 2001.

Leche y productos lácteos. Determinación de la actividad de la fosfatasa alcalina usando un método Flouométrico. Bogotá. D.C.; 12-19 p.

Mazen A. 2012. Plate heat exchangers: Recent advances. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16. 1883–1891.

Ministerio de la Protección social, República de Colombia. Decreto 616 de 2006. Por lo cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese,

envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país. http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006103010449_decreto_616_28_02_06.pdf 32 p.; Consulta: Febrero 2014.

Morison K. 2005. Steady-state control of plate pasteurizers. *Food Control*. 16. 23–30.

Pruitt K.M., D.N. Kamau, K. Miller., B. Mansson Rahemtulla, F. Rahemtulla. 1990. Quantitative, standardized assays for determining the concentrations of bovine lactoperoxidase, human salivary peroxidase, and human myeloperoxidase. *Analytical Biochemistry*. 191 (2):278-86.

Parámetros Fisicoquímicos de Referencia Comercial de Algunas Mieles del Departamento del Quindío

Physicochemical Parameters of Commercial Reference of Some Honeys Department of Quindío

Jairo Montoya López¹, Víctor Hugo García Merchán² y Juan Carlos Lucas Aguirre³

1 Docente del Programa de Química. Universidad del Quindío. jmontoya@uniquindio.edu.co

2 Docente del Programa de Biología. Universidad del Quindío. victorhgarcia@uniquindio.edu.co

3 Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío. jclucas@uniquindio.edu.co

Resumen. El Quindío se destaca como un pequeño productor de miel, producto muy apetecido en el mercado nacional, haciendo cada vez más importante controlar la calidad de las mieles que se producen y comercializan en y desde el departamento. El objetivo de este trabajo fue analizar las mieles de 13 apiarios del departamento, las cuales fueron sometidas a análisis de pH, humedad, cenizas, sólidos solubles y gravedad específica. Las mieles evaluadas no muestran diferencias significativas para estos análisis, lo que demuestra la homogeneidad en estas características; igualmente presentaron un contenido alto en agua, que con los sólidos solubles reportan valores dentro del rango esperado, según parámetros descritos por el Reglamento Técnico de la Miel y la norma técnica colombianas.

Palabras clave: Miel de abejas, análisis físicos, Reglamento Técnico de la Miel, NTC 1273

Abstract. Quindío stands out as a small producer of honey, an appreciated product in the national domestic market, making increasingly important to control the quality of honey produced and sold in and from the department. The aim of this study was to analyze honeys from 13 apiaries in the department of Quindío, which were subjected to analysis of pH, moisture, ash, soluble solids and specific gravity. Honeys evaluated show no significant differences

for these analyzes, demonstrating the homogeneity of these characteristics; also the honey samples had a high water content and soluble solids report values within the expected range, according to parameters specified by the Technical Regulation of Honey and the Colombian technical standard.

Key words: Honey bee, physical analysis, technical regulations honey, NTC 1273.

INTRODUCCION

En Colombia existen alrededor de 120.000 colmenas productoras de miel, lo cual convierte este subsector en una actividad económica de creciente importancia. Estas colmenas producen entre 2.000 y 3.000 toneladas de miel por año. Según la norma técnica colombiana (NTC 1273), la miel es una sustancia dulce natural producida por abejas obreras de diferentes especies a partir del néctar de las plantas, de las secreciones de las partes vivas de plantas o de las excreciones de insectos que succionan las partes vivas de las plantas, sustancia que las abejas recolectan, transforman mediante la combinación de sus propias sustancias específicas, depositan, deshidratan, almacenan y dejan madurar al interior de la colonia. El auge en la producción de miel en el departamento hace necesario la caracterización fisicoquímica (Silva *et al.*, 2004) de las mieles con el fin de hacer valer sus parámetros

en el mercado. El objetivo de este trabajo fue analizar las mieles obtenidas de 13 apiarios del departamento, donde, para garantizar representatividad, se contó con una muestra de miel por cada municipio. Las muestras de miel fueron sometidas a análisis de pH, humedad, cenizas, sólidos solubles y gravedad específica, comprobando la calidad del producto cosechado en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se utilizaron 13 muestras de miel procedentes de sendos apiarios del departamento del Quindío, las cuales fueron recolectadas *in situ*, inmediatamente después de cosechadas. Las muestras de las mieles se llevaron al laboratorio de análisis fisicoquímico, donde se almacenaron en un lugar seco y protegidas de la luz a una temperatura aproximada de 18°C hasta la realización de los análisis. Los análisis físicos que se realizaron a las mieles fueron: **pH:** Análisis físico realizado Medido directamente utilizando un medidor digital de pH, realizando tres lecturas por muestra y una calibración con soluciones buffer de pH4 y pH7, **Humedad:** Análisis físico realizado con base en la determinación del índice de refracción; (métodos 29.095-29.096, AOAC, 1997), **Cenizas:** Análisis físico realizado por gravimetría; según (método 31.120, AOAC, 1997), **Sólidos solubles:** Análisis físico realizado utilizando un refractómetro de Abbe con cuerpo de prisma normal (CARL ZEISS JENA). (método 31.119, AOAC, 1997) y Gravedad específica: Análisis físico realizado con base en la determinación del índice de refracción; (método 31.119, AOAC, 1997). Este experimento corresponde a un Diseño Completamente al Azar. Se realizó un reconocimiento de la mayoría de apiarios existentes en el departamento del Quindío en aras de diseñar y definir un código de buenas prácticas apícolas pertinente para la región. De cada una de las muestras se tomaron tres submuestras y se analizaron de acuerdo a las pruebas de calidad seleccionadas. Inmediatamente después de analizadas las 13 muestras de miel se realizó un análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados medios, las desviaciones estándar y los coeficientes de asimetría de los análisis físicos realizados a las trece muestras de miel obtenidas de los apiarios ubicados en el departamento del Quindío. El nivel de confianza corresponde a 95%.

Tabla 1. Parámetros físicos de miel de abejas de 13 apiarios del departamento del Quindío.

Muestra	pH	Humedad %	% ceniza	Sólidos solubles ° Brix	Gravedad específica
1	3,19	19,00161	0,245	79,6	1,4102
2	3,49	19,40161	0,295	78,8	1,4073
3	3,82	17,80161	0,327	80,5	1,4184
4	3,47	18,20161	0,350	80,0	1,4155
5	3,57	18,20161	0,290	81,0	1,4156
6	3,49	18,60161	0,314	79,3	1,4128
7	3,50	17,20161	0,525	81,0	1,4224
8	3,60	18,60161	0,423	79,5	1,4154
9	3,40	21,20161	0,331	77,3	1,3958
10	3,56	19,40161	0,373	79,0	1,4075
11	3,48	17,80161	0,287	80,4	1,4183
12	3,49	19,40161	0,318	79,0	1,4074
13	3,50	18,60161	0,311	79,9	1,1443
Σ	0,1379	1,00840	0,0712	1,0145	0,0746
Coefficiente de Asimetría	0,01258	1,03239	1,663579	- 0,7304863	- 3,553345

De acuerdo con Rodríguez *et al.*, (2004), la humedad de la miel se ve influenciada por la fuente botánica, por las condiciones climáticas, el tiempo de la cosecha y el grado de maduración de la miel, siendo un parámetro de gran importancia durante el almacenamiento del producto. El pH osciló entre 3,19 hasta 3,82, con valor medio de 3,50; valores similares fueron reportados por, (Lacerda *et al.*, 2010) y (Sodré *et al.*, 2007) los cuales informaron de mieles con valores en un intervalo más pequeño, que corresponden a 3,36 a 3,78, el valor de pH está directamente relacionado con la composición florística de las áreas de recolección de la miel, ya que el pH de la miel puede estar influenciado por el pH del néctar. El contenido de cenizas se encontró entre valores de 0,25 % hasta 0,42% (Tabla 1), todas las mieles con un contenido menor a 0,6 %, el cual es el máximo establecido por la norma. Barros *et al.*, (2010) y (Schlabitz *et al.*, 2010) reportaron valores que van desde 0,11% a 0,29 %, estos resultados indican que la miel se sometió a un procesamiento adecuado de decantación o filtración igualmente el contenido de cenizas también expresa la riqueza de la miel en minerales.

CONCLUSIONES

El porcentaje de humedad, pH y de sólidos solubles presentaron un valor dentro del rango esperado; igualmente el pH alto de las

mieles del departamento del Quindío, se debe a la combinación de los radicales libres de los ácidos orgánicos con lo minerales de esta. Las mieles analizadas no muestran una diferencia significativa entre el pH, % de humedad, % de cenizas, sólidos solubles y gravedad específica. Estos resultados muestran la homogeneidad de los parámetros evaluados en el departamento del Quindío.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Official methods of analysis). 16th Ed. methods 29.095, 29.096, 31.120, 31.119. The Association of official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, EE.UU.
- Barros, L.B., F.R. Torres, L.C. Azeredo, O.M. Barth e M.Q. Freitas. 2010. Caracterização físico-química de mel produzido por *Apis mellifera* no estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Ciência Veterinária 17: 117-120.
- Laerda, J.J., J.S. Santos, S.A. Santos, G.B. Rodrigues e L.P. Santos. 2010.

- Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores de méis produzidos por *Apis mellifera* no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. Química Nova 33: 1022-1026.
- Rodríguez, G.O., B.S. Ferrer and B. Rodríguez. 2004. Characterization of honey produced in Venezuela. Food Chemistry 84: 499-502.
- Schlabit, C., S.A. Silva e C.F. Souza. 2010. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em mel. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial 4: 80-90.
- Silva, C.L., A.J. Queiroz, e R.M. Figueirêdo. 2004. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 8: 260-265.
- Sodré, G.S., L.C. Marchini, A.C. Moreti, I.P. Otsuk, C.A. Carvalho. 2007. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. Ciência Rural 37: 1139-1144.

Evaluación de Efectos de Pasteurización Sobre la Inactivación de Peroxidasa en Pulpa de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendtn)

Evaluation of Pasteurization Effects on the Inactivation of Peroxidase in Tree Tomato (*Solanum betaceum* (Cav.) sendtn) Pulp

Margareth Santander-Muñoz¹; Oswaldo Osorio Mora² y Diego Mejía-España³

- 1 Investigadora Grupo TEA. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. Nariño, Pasto. <marguis_santander@hotmail.com>
- 2 Profesor asociado. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Departamento de Procesos Industriales. Nariño, Pasto. <osorio_oswaldo@hotmail.com>
- 3 Profesor asistente. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. Nariño, Pasto. <diegomejiaes@udenar.edu.co>

Resumen. Se estudió la efectividad de tratamientos térmicos sobre la inactivación de peroxidasa (POD) en pulpa de tomate de árbol, empleando el método de capilares y análisis espectrofotométrico, con el objetivo de obtener condiciones que redujeran la actividad enzimática residual de POD a 10% de la inicial. La combinación de niveles óptima correspondió a 92°C por 56 s.

Palabras clave: Tratamientos térmicos, actividad enzimática, fruta, andina.

Abstract. The effectiveness of heat treatments on the inactivation of peroxidase (POD) in tree tomato pulp was studied, using the capillary method and spectrophotometric analysis, in order to obtain conditions which reduced the POD residual enzymatic activity to 10% of the initial. The optimal levels combination was 92° C for 56 s.

Key words: Thermal treatments, enzyme activity, fruit, andean.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Nariño, el tomate de árbol es uno de los frutales andinos priorizado por su importancia social y económica, y por su potencial de agroindustrialización. Por tanto, es necesario considerar métodos de conservación de sus productos derivados, como la pasteurización, la cual inactiva las enzimas causantes de deterioro de sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas, que generan modificaciones en el color, mal sabor y pérdida de nutrientes. Una de las enzimas relacionadas con el deterioro de este tipo de productos es peroxidasa (Ercan y Soysal, 2011), la cual es un indicador de inactivación enzimática debido a su alta estabilidad térmica y porque si es inactivada, otros sistemas enzimáticos responsables de la degradación de los tejidos vegetales también perderán su actividad (Agüero *et al.*, 2008). El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de los tratamientos térmicos en la reducción de un 90% de la actividad residual de peroxidasa en pulpa de tomate de árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de Actividad de Peroxidasa (POD). El protocolo de medición y extracción de POD se basó en la investigación de Santander (2013). Los ensayos se llevaron a cabo mediante la mezcla de la solución sustrato y extracto enzimático. Se midió la absorbancia a 470 nm durante 30 minutos con un espectrofotómetro UV/Vis (Thermo scientific, Madison, Wisconsin, USA). El porcentaje de actividad residual (AR) de POD se define como se indica en la ecuación 1.

$$AR = 100 \cdot \frac{A_t}{A_0} \quad (1)$$

Donde, A_t y A_0 son las actividades enzimáticas de las muestras de pulpa tratadas y no tratadas, respectivamente.

Tratamiento térmico. Se realizó tomando como referencia el método de tubos capilares de Anthon y Barrett (2002), al cual se le realizó algunas modificaciones. Se empleó un baño termostático a la respectiva temperatura de pasteurización y el choque térmico se realizó mediante un baño de hielo.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño central compuesto 22 más puntos estrellas y centrales con arreglo de metodología de superficie de respuesta, en el cual los factores de estudio fueron: la temperatura (T) en los niveles 65 a 90°C y el tiempo (t) en los niveles 20 a 60 segundos. Para el análisis de resultados, se empleó el programa Statgraphics Centurión© Plus versión XV.II, con el cual se realizó análisis de varianza empleando un 95% de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los valores de actividad enzimática y actividad residual promedio de POD, obtenidos después de aplicar los diferentes tratamientos térmicos.

Tabla 1. Actividad Residual promedio de POD de cada tratamiento en Pulpa de tomate de árbol pasteurizada.

Temp. (°C)	Tiempo (s)	Coefficiente de correlación	Actividad POD (Δ Abs/min)	Actividad residual (%)
Sin tratamiento		0,9973	0,1287	100,00
60	40	0,9973 \pm 0,0029	0,1041 \pm 0,0029	80,86 \pm 4,15
65	20	0,9981 \pm 0,0017	0,0655 \pm 0,0017	50,87 \pm 3,51
65	60	0,9997 \pm 0,0001	0,0315 \pm 0,0001	24,48 \pm 2,02
78	12	0,9979 \pm 0,0025	0,0216 \pm 0,0025	16,78 \pm 0,49
78	40	0,9985 \pm 0,0014	0,0181 \pm 0,0014	14,05 \pm 0,34
78	68	0,9995 \pm 0,0003	0,0135 \pm 0,0003	10,53 \pm 0,41
90	20	0,9984 \pm 0,0015	0,0140 \pm 0,0015	10,86 \pm 0,66
90	60	0,9984 \pm 0,0016	0,0082 \pm 0,0016	6,37 \pm 0,16
95	40	0,9994 \pm 0,0001	0,0112 \pm 0,0001	8,72 \pm 0,18

Nota: Los valores son la media de tres réplicas \pm desviación estándar.

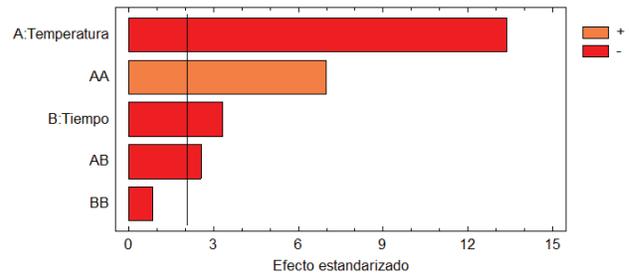


Figura 1. Diagrama de Pareto estandarizado para actividad residual de POD

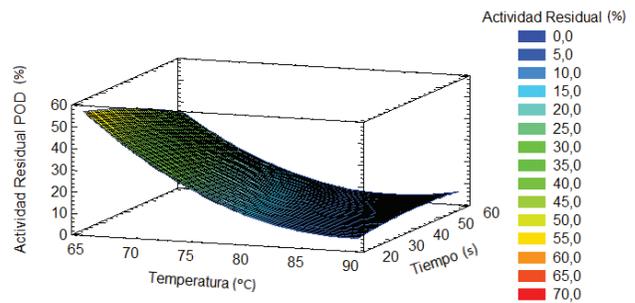


Figura 2. Superficie de respuesta estimada para actividad residual de POD

El análisis de varianza mostró que la temperatura, el tiempo y su interacción, disminuyeron significativamente la actividad residual de la enzima, tal como lo muestra el diagrama de Pareto (Figura 1). Similares resultados fueron reportados en la investigación de Ercan & Soysal (2011) al evaluar la inactivación térmica de POD en tomate (*Solanum lycopersium*), encontrando además que a temperaturas inferiores a 60°C no se presentó inactivación de POD.

La Figura 2 representa un modelo de segundo orden y muestra el comportamiento inversamente proporcional de la actividad residual de POD respecto al tiempo y la temperatura. El mejor efecto de interacción frente a la actividad enzimática residual se presentó cuando la temperatura y el tiempo se encuentran cercanos a su nivel superior. La mayor actividad residual resultó al aplicar el tratamiento térmico a 65°C por 20 s y la menor después de la pasteurización a 90°C y 60 s.

El tratamiento térmico óptimo que redujo la actividad residual de POD a un 10,0% de la inicial fue 92°C y 56 s. Similares resultados se obtuvieron en otros productos como puré de kiwi (Benlloch *et al.*, 2013) y mango (Vásquez *et al.*, 2007) con tratamientos óptimos de 92°-30s y 93°-1 min, respectivamente.

CONCLUSIONES

La pasteurización de la pulpa de tomate de árbol a 92°C durante 56 s, redujo la actividad de POD a un 10,0% de la inicial, esta inactivación, posiblemente disminuye los efectos causados por la enzima sobre el deterioro de las propiedades organolépticas de la pulpa.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiló, I., R. Soliva and O. Martín. 2008. Comparative study on color, viscosity and related enzymes of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat. *European Food Research and Technology* 227(2): 599-606.
- Agüero, M., M. Ansorena, S. Roura, and C. del Valle. 2008. Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. *Food Science and Technology* 41(3): 401-407.
- Anthon, G. and D. Barrett. 2002. Kinetic Parameters for the Thermal Inactivation of Quality-Related Enzymes in Carrots and Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(14): 4119-4125.
- Benlloch, M., M. Igual, D. Rodrigo and N. Martínez. 2013. Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 19:166-172.
- Ercan, S. and Ç. Soysal. 2011. Effect of ultrasound and temperature on tomato peroxidase. *Ultrasonics Sonochemistry* 18(2): 689-695.
- Santander Muñoz, Magareth Giseth. 2013. Elaboración de una bebida con características funcionales basada en una mezcla de leche con la pulpa natural de una fruta regional andina: tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendtn) como una alternativa para el desarrollo agroindustrial del departamento de Nariño. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 234 p.
- Vasquez, A., S. Schilling, R. Carle and S. Neidhart. 2007. Effects of thermal processing and fruit matrix on β -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into puree and nectar. *Food Chemistry* 102(4): 1172-1186.

Incidencia de Condiciones Ambientales de Maduración en Rendimiento y Características Sensoriales del Queso Semi-madurado Paipa

Impact of Environmental Conditions on Performance Ripening and Sensory Characteristics of Semi-matured Cheese Type Paipa

Miguel H. Mazzeo Meneses¹; Oscar A. Ospina Velásquez²; José F. González Aristizabal³

1 Ingeniero de Alimentos, M.Sc. Inocuidad alimentaria, Doctorado (c) Ciencias económicas y administrativas - Departamento de Ingeniería - Facultad de Ingeniería - Universidad de Caldas, Calle 65 # 26 - 10 miguel.mazzeo@ucaldas.edu.co.

2 Ingeniero de Alimentos, M.Sc.(c) Ingeniería de Alimentos - Departamento de Ingeniería - Facultad de Ingeniería - Universidad de Caldas - oscar.ospina@ucaldas.edu.co.

3 Ingeniero Industrial, M.Sc. (c) Creatividad e innovación en las organizaciones. Departamento de Ingeniería - Facultad de Ingeniería. josefe@ucaldas.edu.co.

Resumen. La Universidad de Caldas desarrolló un proyecto para la industria láctea con el queso colombiano tipo Paipa. El propósito general del proyecto fue determinar la incidencia de las condiciones climáticas en el rendimiento y análisis sensorial durante el curado. La metodología propuesta se manejó en una planta de lácteos e involucró un diseño experimental con tres ensayos por triplicado que manejaron unas variables principales en estudio (temperatura, humedad relativa, rendimiento y análisis sensorial) durante los días 1, 15, 30, 60 y 90 de maduración y los datos obtenidos tuvieron un tratamiento estadístico de regresión lineal múltiple. En los resultados se pudo comprobar que las mejores condiciones ambientales fueron de $T= 12-14$ °C y $HR= 80-90\%$ para la maduración del queso con un rendimiento del 9,5% y una

calificación de impresión global del análisis sensorial de 4,0 que soportan la productividad y calidad del queso.

Palabras clave: Queso Paipa, curado, beneficio, valoración organoléptica.

Abstract. The University of Caldas developed a project for the dairy industry with the Colombian Paipa cheese type. The overall purpose of the project was to determine the impact of weather conditions on yield and sensory analysis during cure. The proposed methodology was handled in a dairy plant and involved an experimental design with three triplicate assays that managed main study variables (temperature, relative humidity, yield and sensory analysis) on 1, 15, 30, 60 and 90 maturation days and the data obtained had a statistical

treatment of multiple linear regression. In the results it was found that the best environmental conditions were $T = 12$ to 14 °C and $RH = 80-90$ % for cheese ripening in a yield of 9.5 % and an overall impression score of sensory analysis 4, 0 that support productivity and quality of the cheese.

Key words: Paipa cheese, cured, benefit, the organoleptic assessment.

INTRODUCCIÓN

Los investigadores de la Universidad de Caldas de Manizales vienen desde el año 2011 realizando estudios de desarrollo de quesos madurados para los procesos de la industria láctea regional. En uno de los proyectos se seleccionó el único queso colombiano semi-madurado: Paipa, que tras el proceso de elaboración, requiere mantenerse durante un tiempo no muy prolongado (pocos meses) a una temperatura y en condiciones que produzcan los cambios físicos y químicos característicos del mismo. Este queso puede ser de mediano y gran tamaño, con color amarillo, corteza gruesa de unos 5 mm, textura semidura, seca, olor algo añejo, pero la consistencia interna es blanda y maleable, su sabor es algo fuerte y se percibe en el paladar como ácido y ligeramente amargo, con un período de maduración que oscila entre los 20 días y los 3 años permitiendo una conservación prolongada que depende del fabricante, pero en general suele comercializarse en máximo treinta días y actualmente está certificado con denominación de origen. El objetivo general del estudio fue establecer la incidencia de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa en el rendimiento y análisis sensorial del queso en estudio y conllevó objetivos específicos como seleccionar el proceso, efectuar varios ensayos de elaboración y seguir los cambios de las reacciones

bioquímicas durante la maduración. En el desarrollo del proyecto se revisaron las teorías actuales sobre la elaboración de quesos semi-madurados, las experiencias que se tienen para la elaboración de queso tipo Paipa, teorías sobre el proceso de maduración del queso que básicamente se relacionan con la degradación de proteínas, lípidos y la lactosa que producen los compuestos que afectan el rendimiento y las características sensoriales del queso (Villegas de Gante, 2004). Actualmente la elaboración de quesos semi-madurados como el Paipa es una opción de pequeñas y medianas empresas de quesos del departamento de Caldas para afrontar los acuerdos de libre comercio que inundarán el mercado nacional con quesos madurados y la normatividad vigente que exige la modificación de una gran parte de las actividades de producción que realizan para lograr ser competitivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron unos ensayos para el queso tipo Paipa en la planta de lácteos de la Universidad con un diseño experimental tipo serie cronológica múltiple con pre-prueba y post-prueba sin grupo de control manipulando en la cava de maduración unas variables independientes (temperatura y humedad relativa) en tres condiciones (Tabla 1) y midiendo sus efectos sobre unas variables dependientes como el rendimiento (%) y el análisis sensorial (Impresión global) y verificando esos efectos con unas variables intervinientes como Nitrógeno soluble (%Ns), Nitrógeno total (% Nt), Ácidos grasos libres (AGL mg/kg Queso), Acidez (%Ácido láctico) durante los días 1, 15, 30, 60 y 90 de curado, apoyado en unos análisis de laboratorio (AOAC, 2005), así como métodos estadísticos aplicados como la regresión lineal múltiple (Hernández *et al.*, 2010).

Tabla 1. Condiciones ambientales de maduración experimentadas para el queso tipo Paipa.

	Condición ambiental 1- Alta (Alta)		Condición ambiental 2- Media (Media)		Condición ambiental 3-Baja (Baja)	
	T= 18-20 °C ; HR= 90-95%		T= 11-15 °C; HR= 80-90%		T= 8-10 °C ; HR= 75-80%	
Días	R	IG	R	IG	R	IG
1	11,50 +/-0,40	3,0	11,80 +/-0,42	3,0	11,3 +/-0,14	3,0
15	11,10 +/-0,2	3,0	11,30 +/-0,57	3,0	10,9 +/-0,64	3,0
30	11,05 +/-0,07	3,3	10,56 +/-0,48	3,0	9,80 +/-0,28	3,3
60	10,80 +/-0,28	3,3	10,00 +/-0,14	3,0	9,00 +/-1,13	4,0
90	9,08 +/-1,02	3,3	9,50 +/-0,14	4,0	8,50 +/-0,14	4,0

Nota: Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 2. Evolución de las variables bioquímicas intervinientes durante el curado del queso Paipa.

Ensayo	Días de Maduración	Condiciones de maduración	Nt	DE	Ns	DE	AGL	DE	Acidez	DE	R	DE	IG
			%		%		mg/100 g Queso		% Ácido láctico		%		
1	1	T= 18-20 °C ; HR= 90-95%	3,6	0,14	10,09	0,13	1300	28,28	2,5	0,14	11,30	0,14	3,0
	90		5,91	0,13	29,8	0,28	3000	14,14	0,75	0,12	8,50	0,11	3,3
2	1	T= 12-15 °C HR= 80-90%	3,55	0,14	9,33	0,95	1290	32	3,20	0,28	11,80	0,42	3,0
	90		4,22	0,54	23,15	1,2	2640	65,80	2,04	0,06	9,50	0,14	4,0
3	1	T= 8-10 °C HR= 75-80%	3,59	0,2	11,3	0,14	1300	141,42	3,31	0,16	11,5	0,42	3,0
	90		4,65	0,1	29,7	0,42	3800	100	18,19	0,13	9,08	0,2	4,0

DE= Desviación estándar

Tabla 3. Modelos ajustados de regresión lineal para la maduración del queso tipo Paipa.

Variable dependiente	Variables independientes intervinientes	Ecuación del modelo	El estadístico R-Cuadrada	El valor-P en la tabla ANOVA
Rendimiento (R)	Nt, AGL y Acidez	$R = 38,63 - 0,0031*AGL - 2,44*Acidez - 3,79*Nt$	Indica que el modelo así ajustado explica 100,0% de la variabilidad en R.	$P \leq 0,05$
Índice Global (IG)	Ns, AGL y Acidez	$IG = -7,88 + 1,98*Acidez + 0,0041*AGL - 0,137*Ns$	Indica que el modelo así ajustado explica 100,0% de la variabilidad en IG.	$P \leq 0,05$

Fuente: StatGraphics Centurión XVI, versión 16.1.15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mejores condiciones que permitieron obtener el mayor rendimiento del queso tipo Paipa fueron las condiciones ambientales No. 2 y en características sensoriales con la impresión global (IG) en las condiciones No. 2 y 3. Sin embargo, se seleccionó la condición 2 porque cumple todos los requisitos de producción y por tanto es la condición ambiental insuperable para elaborar el queso tipo Paipa (tabla1). Además se pudo realizar el seguimiento del curado con la degradación de las reacciones bioquímicas (Tabla 2) y obtener un modelo de regresión múltiple lineal con variables predictoras del comportamiento del queso en diferentes días de maduración (tabla 3).

CONCLUSIONES

las mejores condiciones ambientales de maduración del queso tipo Paipa son las de tipo medio con T= 11-15 °C y 80-90% de humedad relativa por el mayor rendimiento y mejores condiciones sensoriales, en donde las principales reacciones bioquímicas

según los modelos de regresión múltiple lineal definidos son las proteolíticas y acidificación porque la lipólisis es poco intensa. Las condiciones bajas (T= 8-10 °C; 70-80% HR) también podrían ser útiles en el proceso pero el rendimiento es más bajo y afectaría el beneficio.

BIBLIOGRAFÍA.

- Association of Official Analytical Chemists International - AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th edición. Association of Official Analytical Chemists International, Maryland, USA. 1141 p.
- Carpenter, R. 2000. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos. Editorial Acribia. España. 210p.
- Hernández- Sampieri, R., C. Fernández- Collado y P. Baptista-Lucio. 2010. Metodología de la investigación. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill. México. 613 p.
- Villegas de Gante, A. 2004. Tecnología Quesera. Primera edición. México. Editorial Trillas S.A. de C.V. pp. 126 y 172.

Clarification Treatment Influence on Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) Juice Composition and Sensory Acceptance

Influencia de la Clarificación en la Composición y Aceptación Sensorial del Jugo de Copoazú (*Theobromagrandiflorum*)

Raquel Oriana. Díaz S.¹, Juliana Erika. C. Cardona¹; Marcela. Carrillo¹;
Rafael H.Gutiérrez B.², Maria. Soledad Hernández G.¹

1 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Avenida Vásquez Cobo entre 14 y 15
Leticia, Amazonas. shernandez@sinchi.org.co

2 Universidad Central de Venezuela. Escuela de Nutrición y Dietética. rafgutii@hotmail.com

Abstract. Copoazú juice is interesting to incorporate bioactive order to obtain functional beverages food matrix. This Amazon fruit with outstanding sensory characteristics is high in carbohydrates, fiber, protein, potassium and magnesium and low in sodium. However, the pulp also contains a starch fraction and a few compounds that may be involved in reactions of quality deterioration of the product due to increased turbidity and non-enzymatic browning, making it necessary to carry out treatment for clarification. This study evaluates the process of obtaining copoazú clarified juice by centrifugation and enzyme treatment with pectolytic enzymes and amylolytic flocculation gelatin, determining pH, soluble solids content (°Bx) Content of sugars (sucrose, glucose and fructose), organic acids (malic, citric, ascorbic, succinic, and oxalic) and sensory acceptance. The results show that each step of the process of clarifying changes the composition of sugars and acids from the pulp, affecting sensory acceptance.

Key words: Enzymatic clarification, amazonia fruits, biodiversity.

Resumen. El jugo de Copoazú es una matriz alimentaria interesante para la incorporación de bioactivos con el fin de obtener bebidas funcionales. Esta fruta amazónica con características sensoriales sobresalientes tiene un alto contenido de carbohidratos, fibra, proteína, potasio y magnesio y bajo contenido de sodio. Sin embargo, la pulpa también contiene una fracción de almidón y algunos compuestos que pueden estar involucrados en reacciones de deterioro de la calidad del producto debido al incremento de la turbidez y pardeamiento no enzimático, lo cual hace necesario efectuar tratamientos de clarificación. Este estudio evalúa el proceso de obtención de jugo clarificado de copoazú mediante centrifugación, tratamiento enzimático con enzimas amilolítica y pectolítica y floculación con gelatina, determinando pH, sólidos solubles (°Bx), contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) y ácidos orgánicos (ácidos málico, cítrico, ascórbico, succínico y oxálico) y

aceptación sensorial. Los resultados muestran que cada etapa del proceso de clarificación cambia la composición de azúcares y ácidos con respecto a la pulpa, afectando la aceptación sensorial.

Palabras clave: Clarificación enzimática, frutales amazónicos, biodiversidad.

INTRODUCTION

Copoazú stands out among *Theobroma* genus because its high yielding aromatic and creamy pulp is used to produce a variety of food products (Carrillo, Barrera G. *et al.* 2006). As Copoazú juice is an interesting food matrix to innovate and incorporate bioactive compounds in order to produce functional beverages, there is a need to evaluate clarification methods to reduce protein and high molecular weight carbohydrates, which along reducing sugars and phenolic compounds are involved in haze formation and non-enzymatic browning leading to juice quality loss (Lee, Yusof *et al.* 2007). This study evaluates Copoazú clarified juice processing by means of centrifugation, enzymatic treatment with pectolytic and amylolytic enzymes and flocculation with gelatin as a preliminary scanning of resultant product composition and consumer acceptance.

MATERIALS AND METHODS

Clarified Copoazú juice was obtained in a pilot scale process. Briefly, juice was separated from pulp by centrifugation at 14000 RPM and 4°C for 20 min. It was clarified with a pectolytic (Novozym ® 33095 – poligalacturonase, Novozymes ®) and an amylolytic (Amylase™ AG 300 L, Novozymes ®) enzyme mix, (100 ppm each, 43°C, 60 min). At the end of the treatment, enzymes were inactivated by heating (90°C, 5 min). Fining treatment by gelatin addition (0.15 g/L) with 5min agitation followed by a 12h settling in a freezer (4 °C ± 1°C), and final separation of flocculation product (centrifugation 14000 rpm, 4°C, 30 min).

Pulp, juice and clarified juice pH and soluble solids were determined using portable instruments (Hanna pH-meter and Atago refractometer), allowing the samples reach room temperature (18–20 °C) before measure; sugars and organic acids contents were assessed by means of HPLC, by comparison with areas and retention times of a calibration curve obtained for each metabolite with certified standards (Hernández, Martínez *et al.* 2007).

For sensory analysis, 20 consumers male and female between 24 and 50 years, all from Sinchi institute staff, pointed flavor and texture acceptance in a 5 points hedonic scale.

Instrumental analysis data were subjected to a two-way analysis of variance, means were separated by an LSD test at $P=0.05$ for the highest interaction or mean factor. Sensory analysis results were subjected to a Kruskal-Wallis non parametric one-way analysis of variance and multiple comparison with $\alpha=0.05$, using Statistix 9 Software.

RESULTS AND DISCUSSION

Global yield for clarified juice production from fresh whole fruits is around 18%. As previous works had showed (Carrillo, Barrera G. *et al.* 2006), the economic potential for this process is linked to by-products which are hard rind, seeds and fiber pellet.

Ascorbic, malic and oxalic acid contents were below detection limit for all samples. pH values and sugar contents are similar to those previously reported for this fruit (Porte, Rezende *et al.* 2010), being sucrose the predominant sugar (Table 1).

Table 1. Instrumental analysis of Copoazú products (mean \pm SD, $n=3, \alpha=0,05$).

	Pulp	Juice	Clarified juice	LSD
Physicochemical traits				
pH	3.13 \pm 0.15 a	2.18 \pm 0.01 b	2.10 \pm 0.02 b	0.224
Soluble solids (°Bx)	6.73 \pm 0.56 b	39.97 \pm 0.26 a	42.27 \pm 0.31 a	4.837
Sugars and organic acids contents (mg/100g)				
Sucrose	55.37 \pm 11.58 c	315.14 \pm 10.95 b	348.10 \pm 14.56 a	31.853
Glucose	28.21 \pm 1.93 b	135.55 \pm 4.63 a	126.82 \pm 5.72 a	12.563
Fructose	26.79 \pm 1.83 b	129.21 \pm 4.44 a	139.64 \pm 5.59 a	8.498
Citric acid	20.33 \pm 1.31 c	103.65 \pm 3.23 b	117.92 \pm 6.01 a	12.200
Succinic acid	0.00 \pm 0.00* c	9.53 \pm 0.42 b	13.35 \pm 0.54 a	1.140

Means followed by the same letter are not significantly different. (LSD test, $P=0.05$)*Results under detection limit.

Results show how every stage of the process changes quality traits in the Copoazú food matrix. In the juice separation stage sugar and acid concentration increases, showing that while fiber pellet is formed mainly by high molecular weight carbohydrates such as starch, water present in the pulp is the main carrier for this low molecular weight metabolites and therefore explaining a lower pH and higher soluble solids for juice and clarified juice.

Enzymatic and flocculation treatments in the clarification stage affects noticeably juice composition, increasing sucrose contents, probably due to remaining fiber enzymatic degradation which explains the increase in soluble solids for clarified juice. Nevertheless, fining appears to be a critical processing step which when excluded results in the formation of larger quantities of haze (Lee, Yusof *et al.* 2007).

Clarification treatment increases citric and succinic acid concentration. This behavior on organic acids and sugar composition is related to sensory characteristics of the Copoazú products, as adequate balance between sugars and organic acid determines fruit palatability.

Juice extraction generates a loss on flavor consumer acceptance (Table 2), this may be related to the higher sugar content, as the clarified juice which has lower sugar and acids contents shows no significant difference in flavor acceptance.

Table 2. Consumer preference for flavor and texture of Copoazú products (mean \pm variance, $N=20$)

	Pulp	Juice	Clarified Juice
Flavor	4.3 \pm 0.3 A	3.3 \pm 0.4 B	4.2 \pm 0.3 A
Texture	2.5 \pm 0.2 B	3.5 \pm 0.3 A	4.1 \pm 0.9 A

Means followed by the same letter are not significantly different (Kruskal-Wallis multiple comparison, $\alpha=0.05$)

Texture is mainly affected by all process stages. As consumers were asked to evaluate a beverage, pulp has a thick consistency that result disgusting to consumers. Juice and clarified juice texture consumer acceptance are not significantly different from each other, as evaluators for clarified juice had a high variation in the responses. Nevertheless, there is an increment in palatability due to the clarification process.

CONCLUSIONS

Enzymatic and flocculation treatment applied in the Copoazú juice clarification causes a noticeable change in the juice sugars and organic acids composition, which induce to

physicochemical traits changes that influence positively the consumer acceptance.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors wish to give special thanks to Interenzimas (Bogotá) staff, Ing. Sandra Larota for enzymes amples supply.

BIBLIOGRAPHY

Carrillo M, J.A. Barrera, M.S. Hernández, L.M. Melgarejo, M. Barón and W.A. Villada. 2006. Otras aplicaciones, pp. 205-212. En: L. M. Melgarejo, M. S. Hernández G., J. A. Barrera G. y M. Carrillo. Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género *Theobroma* en el enriquecimiento de los sectores productivos de la región amazónica. Bogotá, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi & Universidad Nacional de Colombia. 224 p.

Hernández, M.S., O. Martínez and J.P. Fernández-Trujillo.

2007. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening, *Scientia Horticulturae* 111(3): 220-227.

Lee, W.C., S. Yusof, S.A Hamid and B.S. Baharin. 2007. Effects of fining treatment and storage temperature on the quality of clarified banana juice. *LWT - Food Science and Technology* 40(10): 1755-1764.

Porte, A., C.M. Rezende, O.A.C. Antunes and L.H. Maia. 2010. Redução de aminoácidos em polpas de bacuri (*Platonia insignis* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.) processado (aquecido e alcalinizado). *Acta Amazonica* 40: 573-577.

Efecto de un Pretratamiento Enzimático en la Obtención de Aceite de Semilla del Mango

Effect of an Enzymatic Pretreatment on Obtaining Mango Seed Oil

Francy Juliette Rojas Morales¹, Fernando Burbano Galindo¹, Patricia Millán Cruz¹, Claudia Isabel Ochoa Martinez¹

1 Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería de alimentos, calle 13 #100-00, ed. 338. E-mail: claudia.ochoa@correounivalle.edu.co

Resumen. Se analizó el efecto de un pretratamiento enzimático, sobre la cantidad y la calidad del aceite de la almendra de dos variedades de mango, Tommy y Azúcar. La calidad se evaluó por medio de los índices de acidez, saponificación, refracción y yodo. Se realizó un diseño factorial 2². Los factores fueron variedad de mango y concentración de enzima. Empleando enzima, el rendimiento aumentó 9,63 y 8,25% para el mango Tommy y Azúcar, respectivamente. Los factores tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento y el índice de saponificación. Se concluye que el pretratamiento con enzima, aumenta el rendimiento en la extracción de aceite de semilla de mango, sin cambios significativos en su calidad.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., mango Tommy.

Abstract. The effect of enzymatic pretreatment on the quantity and quality of oil extracted from the almond of two varieties of mango, Tommy and Sugar, were analyzed. Quality was assessed by the acidity, saponification, refractive and iodine index. A 22 factorial design was performed. Factors were mango variety and enzyme concentration. When using the

enzymatic process, the extraction efficiency increased to 9.63 and 8.25%, for Tommy and Sugar, respectively. The factors had significant effect on the yield and saponification index. In conclusion, the enzyme pre-treatment increases the yield of extraction of mango seed oil, without significant change in quality.

Key words: *Mangifera indica* L., mango Tommy.

INTRODUCCIÓN

El mango industrialmente es usado para la producción de jugos, néctares y mermeladas. Estos procesos generan cáscaras, semillas y restos de pulpa como desperdicio (40 a 50 % del peso) y la semilla corresponde al 9-27% del peso total de la fruta. La semilla podría usarse como fuente de aceite, teniendo aplicación en la industria de jabones, cosméticos y alimentos, como sustituto parcial de la manteca de cacao ya que tienen composición química y propiedades similares, es toxicológicamente seguro y de alto valor nutricional (Bustamante, 2008; Solís *et al.*, 2004; Lipp *et al.*, 1998).

En la extracción de aceites vegetales de girasol, soja, coco, cacahuate, maíz, aguacate, oliva y palma, se ha estudiado la aplicación de la tecnología enzimática como pretratamiento para degradar las paredes celulares donde se encuentran los aceites, e incrementar el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un pretratamiento enzimático sobre el rendimiento y la calidad en la extracción de aceite de semilla de mango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon mangos en estado de maduración 3 (NTC 5139, ICONTEC, 2002). Se extrajo la almendra y se redujo de tamaño con un rallador. Para el tratamiento enzimático se empleó enzima Crystalzyme PMLX. Se pesaron 12 g de almendra rallada en un beaker, se adicionaron 72 ml de buffer a pH de 4.6, se colocó en un baño de agua a 40 °C, después de 10 minutos, se adicionó la enzima, se tapó con papel aluminio y se agitó durante 1 h. Se filtró usando una tela. La muestra resultante se colocó en una caja petri y se secó en estufa a 60 °C durante 24 h. Se pesaron entre 3-5 g de la muestra y se realizó la extracción en Soxhlet durante 4 h, utilizando éter de petróleo.

Se realizó un diseño factorial 2². Los factores fueron: variedad de mango (Tommy y azúcar) y concentración de la enzima (0 y 0.26 µL). Cada tratamiento se hizo por duplicado. Se evaluaron el rendimiento y la calidad. El rendimiento se calculó relacionando el porcentaje de aceite obtenido con tratamiento enzimático respecto al porcentaje de aceite obtenido sin tratamiento. Las variables de calidad se evaluaron según las normas AOAC: índice de acidez (940.28-1990), índice de Yodo (920.158-1990), índice de saponificación (41.1.18 (16^a edición, 1995)) e índice de refracción (AOCS Cc 7-25). El análisis de varianza ANOVA se realizó empleando el programa estadístico *MINITAB 15*, con una confiabilidad del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los contenidos de aceite (%) obtenidos fueron: 15,26 ± 0,87 y 16,73 ± 0,50 para Tommy sin enzima y con enzima, respectivamente y 16,84 ± 0,76 y 18,23 ± 0,29 para Azúcar sin enzima y con enzima, respectivamente. El mango Azúcar presentó mayor cantidad de aceite en comparación con el Tommy, tanto para la muestra tratada como para la no tratada enzimáticamente. De acuerdo al ANOVA, los dos factores tuvieron efecto significativo. Con el pretratamiento, el porcentaje de aceite extraído para Tommy aumentó 9,63%, mientras que para el Azúcar el incremento fue 8,25%. Es posible que en la variedad Tommy que tiene menor porcentaje de proteína,

los lípidos se encuentren en mayor proporción unidos a los carbohidratos y hayan sido hidrolizados por las celulasas y pectinasas del cóctel enzimático, que carecía de proteasas. Los porcentajes de aceite encontrados sin tratamiento enzimático fueron mayores que los obtenidos por (Solís *et al.* 2004) en mango Manila 5,28 – 11,26 %. En la Tabla 1, se muestran los índices de calidad obtenidos.

Tabla 1. Índices de calidad del aceite de almendra de mango

Variedad	TOMMY		AZÚCAR	
	Con enzima	Sin enzima	Con enzima	Sin enzima
de acidez	7.61 ± 0.22	5.00 ± 0.82	8.27 ± 0,50	1.44 ± 0.06
de yodo	53.65 ± 1.08	46.69 ± 0.97	44.56 ± 1,02	42.13 ± 1.34
de saponificación	144.7 ± 2.65	161.51 ± 2.21	182.28 ± 1,05	195.34 ± 1.92
de refracción	1.468 ± 0.001	1.467 ± 0.001	1.468 ± 0,00	1.467 ± 0.00

No se observó efecto significativo de los factores sobre el índice de acidez. La norma ICONTEC (NTC 335, 1998), admite máximo 2 % de acidez oléica para aceites crudos. Debido a que el valor de acidez establece la cantidad de ácidos grasos originados por la lipólisis de los triacilglicéridos que forman al aceite, es posible que el aceite haya experimentado una hidrólisis acentuada, por lo que la presencia de ácidos grasos libres es alta.

Los índices de yodo y de refracción están influenciados por la composición en ácidos grasos del aceite, incrementándose con la insaturación. Estadísticamente, no se encontró efecto significativo de los factores en estos índices. Los valores obtenidos del índice de yodo son mayores que los reportados para otras variedades y para manteca de cacao 36,50 ± 4,50, (Álvarez, 2004) pero son cercanos a los reportados por (Belén *et al.* 2000); los índices altos de yodo muestran que el aceite tiene un alto valor nutricional debido a la composición de ácidos grasos insaturados. El aceite obtenido mostró un índice de yodo inferior a otros como el de palma 55, oliva 84, soja 134 y girasol 132 (Soto *et al.*, 2007). Respecto al índice de refracción los valores son similares a los reportados para aceite de coco 1,449 y palma 1,456 (Manzoor, 2007).

El índice de saponificación (que representa el peso molecular promedio de las grasas) se encontró en los rangos reportados para aceites comestibles y semejante a la manteca de cacao 194.0 ± 6.0 (mg KOH/g de grasa) (Álvarez, 2004). Estadísticamente tanto la variedad como la concentración de la enzima tuvieron efecto significativo sobre este parámetro. La variedad Azúcar con y sin enzima presenta valores similares a otras variedades (Álvarez, 2004).

CONCLUSIONES

El pre-tratamiento enzimático en la extracción de aceite de almendra de mango aumenta el rendimiento de aceite dependiendo de la variedad de mango y de la concentración de enzima. Las variedades presentaron diferentes contenidos de aceite. El aumento en el rendimiento fue de 9,63 para Tommy y 8,25%, para Azúcar. El mejor tratamiento fue Azúcar con enzima, con un contenido de aceite de 18,23%. Estadísticamente las características de calidad del aceite, no están influenciadas por la variedad o la aplicación de enzima a excepción del índice de saponificación; según esto el mejor tratamiento fue mango Azúcar sin enzima.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez, C.F. 2004. Obtención, caracterización y optimización del proceso de extracción del aceite de la semilla de mango. Tesis Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México D. F. 12.p.

Belén, D.R., G. Bacalao, M. Barreto, L. Marcano y I. Castellano, J. Gutiérrez. 2000. Características fisicoquímicas de la

grasa de la semilla de mango (*Mangifera indica L.*) cultivar bocado. *Unellez Ciencia y Tecnología* 18(1): 131-141.

Pascual-Bustamante, S., Vilchis-Martínez, G., Álvarez-Toledano, C., Trejo-Márquez, M.A. 2008. Caracterización del Aceite Obtenido de Almendras de Diferentes Variedades de Mango y su Aplicación como Sustituto de Manteca de Cacao en Rellenos y Coberturas de Chocolate. Universidad Nacional Autónoma de México. www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A068.pdf. 8 p. Fecha de consulta: Enero de 2011.

Lipp, M. and E. Anklam. 1998. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate. *Food Chemistry* 62(1): 73-97.

Manzoor, M., F. Anwar, T. Iqbal and M.I. Bhangar. 2007. Physicochemical characterization of Moringa concanensis seeds and seed oil. *Journal of Ambient Oil Chemistry Society* 84(5): 413-419.

Solís, J. 2004. Mango seed uses: thermal behaviour of mango seed almond fat its mixture with cocoa butter. *Bioresource Technology* 92(1): 71-78.

Soto, C. and R. Chamy. 2007. Enzymatic hydrolysis and pressing conditions effect on borage oil extraction by cold pressing. *Food Chemistry* 102(3): 834-840.

Deshidratación Osmótica de Banano Bocado (*Musa acuminata Colla*)

Osmotic Dehydration of Baby Banana (*Musa acuminata Colla*)

Angela María Ormaza-Zapata¹; Alfredo A. Ayala-Aponte²; Claudia L. Vargas-Serna³

¹ Profesora auxiliar, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. angela.ormaza@ucaldas.edu.co

² Profesor asociado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

³ Estudiante Ingeniería de Alimentos, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle. clauvargas1@hotmail.com

Resumen. La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de conservación ampliamente utilizada como pretratamiento a otros procesos de conservación. La aplicación de vacío en la DO aumenta la eliminación de agua y el índice de efectividad (I.E). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes presiones (Atmosférica y dos niveles de vacío) sobre las cinéticas de DO y el I.E en rodajas de banano bocado. La DO se realizó con soluciones de sacarosa de 55°Brix. La aplicación de presiones de vacío en la DO de banano bocado favoreció la pérdida de agua (ΔM_w), la ganancia de sólidos (ΔM_s), la reducción de peso (ΔM_p) y el I.E.

Palabras clave: Osmodeshidratación, sacarosa, índice de efectividad, cinética, pulso de vacío.

Abstract. Osmotic dehydration (OD) is a versatile conservation technique used as pretreatment to other conservation

processes. Application of vacuum OD increases the water removal and effectiveness index (E.I). The aim of this study was to evaluate different pressures (Atmospheric and two vacuum levels) on the kinetics of OD and E.I on sliced baby banana. The OD was performed with solutions of sucrose of 55 °Brix. The application of vacuum pressure in OD of baby banana favored water loss (ΔM_w), solid gain (ΔM_s), weight reduction (ΔM_p) and E.I.

Key words: Osmotic dehydration, sucrose, effectiveness index, kinetics, vacuum pulse.

INTRODUCCIÓN

El banano bocado (llamado también bananito) es un fruto exótico que se diferencia del banano común o *Cavendish* por ser de menor tamaño, sabor ligeramente más dulce y

cremoso, con alto contenido en vitaminas, minerales y fibra (Eurobanan, 2011). La DO es un método de conservación que se emplea ampliamente como pretratamiento a otros procesos como el secado, fritura, congelación, entre otros. La aplicación previa de pulsos de vacío en la DO ha demostrado rápidas cinéticas de deshidratación y mejoramiento de la calidad respecto a la presión atmosférica (PAT), debido a la intervención del mecanismo hidrodinámico y su influencia en las propiedades macroscópicas del alimento (Seguí *et al.*, 2013, Fito & Pastor, 1994). El cálculo de ΔM_a , la ΔM_s y la ΔM_p reflejan los mecanismos de transferencia de masa que se dan simultáneamente entre el agua y el agente osmótico en la DO, y el cálculo de los índices de efectividad (I.E) describen la eficacia del proceso (Matuska *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes presiones de trabajo sobre las cinéticas de DO (ΔM_a , ΔM_s y ΔM_p) de banano bocadillo y el I.E del proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon bananos bocadillo (*Musa acuminata Colla*) provenientes del Departamento del Cauca, (Colombia). Se seleccionaron entre 20-24 °Brix. Se cortaron en rodajas de 23 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Las muestras se osmodeshidrataron en una solución osmótica (SO) de sacarosa a 55°Brix a 30°C con agitación de 800 rpm y una relación fruta: SO de 1:20. Se evaluaron 3 niveles de presión: PAT (90 kPa) y dos pulsos de vacío (PV) (27 y 7 kPa). Los PV se aplicaron durante 7 min, y posteriormente se siguió la DO a PAT. Se empleó un deshidratador osmótico con capacidad de 40 L (Centricol S.A., Colombia). A diferentes tiempos de DO (0, 30, 60, 135, 240 y 300 min se determinaron el contenido de humedad (x_w), peso (m_t) y sólidos solubles (x_s). El x_w se obtuvo mediante el método AOAC 20.013 (1980), el peso se tomó antes y después de la DO con una balanza analítica (Mettler AE100, Suiza) y los sólidos solubles (°Brix) se determinaron por refractometría (Atago, RX-7000α, USA, 20°C). Se calcularon las cinéticas de ΔM_p , ΔM_a y ΔM_s , y el I.E. (Ecuaciones 1-4). Los resultados se evaluaron mediante el ANOVA con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.

$$\Delta M_p = \frac{m_t - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\Delta M_a = \frac{(m_t)(x_{w,t}) - (m_0)(x_{w,0})}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta M_s = \frac{(m_t)(x_{s,t}) - (m_0)(x_{s,0})}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

$$I.E = \frac{\Delta M_a}{\Delta M_s} \quad (4)$$

Los subíndices t y 0 indican las condiciones del proceso en un tiempo t e inicial, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1 y 2 muestran las cinéticas de ΔM_a , ΔM_s y ΔM_p de muestras de bananito. El ANOVA evidenció una significancia ($p < 0,05$) del nivel de presión sobre las cinéticas de DO, mostrando que los tratamientos con pulso de vacío presentaron mayores ΔM_a , ΔM_s y ΔM_p que el tratamiento a PAT. El tratamiento con el pulso más bajo (7 kPa) presentó los mayores valores de las cinéticas, alcanzando al final del proceso (300 min) las mayores pérdidas de ΔM_a y ΔM_p en 31,86 y 18,19 % respectivamente y ΔM_s en 13,67%. La influencia de los PV sobre las mayores cinéticas es atribuida a la intervención del mecanismo de transferencia de masa llamado Mecanismo Hidrodinámico, que ocurre cuando se restaura la PAT después del PV (Fito & Pastor, 1994). Durante el vacío se extrae parte del gas ocluido de los poros de la fruta dejando espacios vacíos, que al restaurar la PAT son ocupados por la SO aumentando la superficie de contacto sólido-líquido, facilitando la transferencia de masa en un tiempo más corto comparado con los mecanismos difusionales a PAT (Fito & Pastor, 1994). Resultados similares reportaron algunos investigadores (Ayala-Aponte *et al.*, 2010; Moreno *et al.*, 2011).

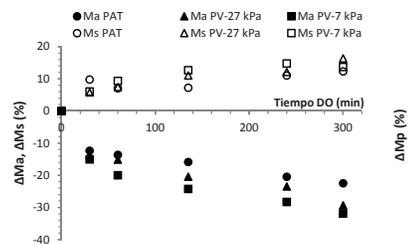


Figura 1. Variación de ΔM_s y ΔM_a de DO de banano bocadillo.

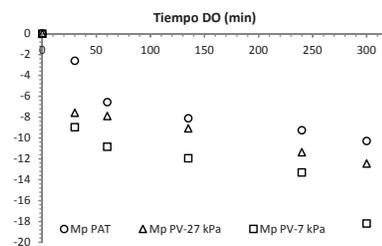


Figura 2. Evolución de ΔM_p de DO de banano bocadillo.

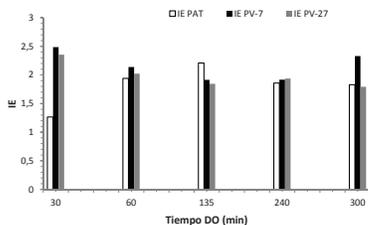


Figura 3. Índice de efectividad (I.E.) a diferentes presiones.

En la Figura 3, se observa que el tratamiento con PV de 7 kPa, presentó el mayor I.E en la mayoría de los tiempos de DO alcanzando los dos mayores valores 2,48 y 2,35±0,25 a los 30 y 300 min respectivamente. Estos resultados indican que el tratamiento de presión de 7 kPa presentó la mayor efectividad durante el proceso de DO. El I.E es considerado un parámetro de calidad, donde valores altos indican que el proceso osmótico es más efectivo, debido a que ΔM_a es mayor que ΔM_s (Matuska *et al.*, 2006). El tratamiento PV-27 kPa presentó mayor efectividad que el tratamiento PAT en los primeros tiempos de DO. El ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) del tratamiento PV-7 con respecto a los tratamientos PV-27 y PAT.

CONCLUSIONES

La aplicación de pulsos de vacío en la DO de banana bocadillo a 55°Brix favoreció las cinéticas de ΔM_a , ΔM_s , ΔM_p y el I.E. Siendo la aplicación más baja de PV (7 kPa) la de mayor efectividad.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. Official Methods of Analysis. Moisture determination. Method 20.013. 13th ed. Washington DC: 1980, p.361-362.
- Ayala-Aponte, A.A., C.J. Giraldo-Cuarteros y E.V Mosquera. 2010. Cinéticas de deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Interciencia* 35(7): 539-544.
- Eurobanan 2011. Frutas tropicales y exóticas. En: <http://www.eurobanan.com/index.php?pagina=categorias>, 10 p.; consulta: Noviembre 2011.
- Fito, P. and R. Pastor. 1994. Non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration. *J. Food Eng.*, 21(4):513-519.
- Seguí, L., P.J. Fito and P. Fito. 2013. A study on the rehydration ability of isolated apple cells after osmotic dehydration treatments. *J. Food Eng.*, 115(2):145-153
- Matuska, M., A. Lenart and H.N. Lazarides. 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *J. Food Eng.* 72(1): 85-91.
- Moreno, J., R. Simpson, M Sayas, I. Segura and O. Aldana. 2011. Influence of ohmic heating and VI on the OD kinetics and microstructure of pears. *J of Food Eng.* 104(4): 621-627.

Aceites Esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y Clavo (*Syzygium aromaticum*) como Desinfectantes de Hortalizas Frescas

Essential Oils of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and Clove (*Syzygium aromaticum*) as Disinfectants for Vegetables Fresh

Vanessa Valeria Vaca¹; Milton Rubén Ramos² y Mónica del Pilar Silva³

¹ Ingeniera en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. <vaca.valeria@gmail.com>

² Profesor Titular. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. <miltonramos8@gmail.com>

³ Investigadora. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Unidad Operativa de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Ambato, Ecuador. <silvamonicaelpilar@gmail.com>

Resumen. La investigación se enfocó en disminuir la carga microbiana presente en hortalizas frescas: col de repollo (*Brassica oleracea var. capitata cv. bronco*), col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), lechuga iceberg tipo salinas (*Lactuca sativa var. capitata*) y espinaca (*Spinacia oleracea L*) mediante el empleo de aceites esenciales (AE) de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) como desinfectantes naturales. Básicamente, las hortalizas fueron deshojadas, lavadas con agua hervida y enfriada, troceadas, relavadas, y sumergidas en soluciones de AE de canela, clavo y su combinación a 0,025% (p/v) por 1 minuto. En las hortalizas

troceadas y desinfectadas se analizaron: mesófilos totales, mohos y levaduras, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. coli* y coliformes totales; y se determinó la eficiencia germicida (EG) de los AE. Se concluyó que el mejor tratamiento de desinfección es el AE de canela (EG del 82,3 al 87,9%), a continuación clavo de olor (EG del 62,7 al 65,8%) y finalmente la combinación (EG del 50,8 al 56,4%). La aplicación de los AE mejoró la calidad microbiológica de las cuatro hortalizas.

Palabras clave: Eficiencia germicida, antimicrobianos naturales, hortalizas mínimamente procesadas.

Abstract. The research focused on reducing the microbial load in fresh vegetables: cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata cv. bronco), red cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), type salinas iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) and spinach (*Spinacia oleracea* L.) through the use of essential oils (EO) of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and clove (*Syzygium aromaticum*) as natural disinfectants. Basically, the vegetables were leafless, washed with boiled water and chilled, chopped, rewashed, and dipped in EO solutions of cinnamon, clove and its combination at 0,025% (w/v) for 1 minute. In chopped and disinfected vegetables were performed: Total mesophiles, molds and yeasts, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. coli* and total coliforms; and the germicidal efficiency (GE) of the AE was determined. It was concluded that the better treatment of disinfection is the cinnamon EO (EG from 82,3 to 87,9%), followed by the clove (EG from 62,7 to 65,8%) and finally the combination (EG from 50,8 to 56,4%). The application of the EO improved microbiological quality of the four chopped vegetables.

Key words: Germicidal efficiency, natural antimicrobials, minimally processed vegetables.

INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de la importancia del consumo habitual de frutas y hortalizas, unido a un notable aumento de la disponibilidad de estos productos durante todo el año, ha contribuido a un incremento importante de su consumo en los últimos años. Hortalizas mínimamente procesadas mantienen las características organolépticas, el valor nutritivo y constituyen productos listos para consumir o que requieren poca preparación (González, 2006). Desafortunadamente, el aumento reciente de los casos notificados de enfermedades transmitidas por alimentos que se asocian al consumo de hortalizas frescas ha suscitado preocupación entre los organismos de salud pública y los consumidores en cuanto a la inocuidad de estos productos. Uno de los factores más comunes de contaminación microbiana, y que se ajusta a los productos hortofrutícolas producidos en Ambato, es la utilización de aguas servidas sin depuración, que contienen patógenos que pueden provocar diversas enfermedades. Estudios recientes verifican esta acuciante problemática, particularmente para hortalizas que son ingeridas sin cocerlas.

Se conoce que los AE derivados de diferentes partes de las plantas poseen actividad antimicrobiana, contra un amplio rango de bacterias y hongos (Rodríguez, 2011). También se ha reportado que la actividad antimicrobiana se deriva de terpenoides y compuestos fenólicos presentes en los aceites (Guiza y Rincón, 2007). Por consiguiente, el objetivo de la investigación fue estudiar la aplicación de AE de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) para optimizar la calidad microbiológica de cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (*Brassica oleracea*

var. capitata cv. bronco), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), lechuga iceberg tipo salinas (*Lactuca sativa* var. capitata) y espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Hortalizas frescas y AE de canela y clavo se adquirieron en el mercado mayorista de Ambato y a la empresa Isabrubotanik S.A., respectivamente. En el laboratorio de Investigaciones en Tecnología de Alimentos, las hortalizas se deshojaron manualmente, luego las hojas fueron lavadas con agua previamente hervida y enfriada a 4°C, troceadas en cortes de 5 a 7 cm de longitud y de 0,8 a 1,0 cm de ancho, y lavadas nuevamente con agua. Se prepararon emulsiones de AE de canela, clavo y su combinación a 0,025% (p/v) a 4°C, y se agregó 0,25 g/lit de emulsificante Polisorbato 80. Muestras de 150 g fueron sumergidas en cada emulsión durante 1 min. Los trozos desinfectados se secaron por exposición a aire frío seco. Se determinaron mesófilos totales, mohos y levaduras, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. coli* y coliformes totales. Se empleó la siembra en masa y las muestras se incubaron a 35°C por 48 h. El conteo microbiano se realizó por triplicado en unidades formadoras de colonias. La eficiencia germicida (EG) se evaluó con la ecuación: . Donde: N_0 : N° de microorganismos inicial; N_t : N° de microorganismos sobrevivientes al tiempo t. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado de un factor con 4 tratamientos: lavado y tres con los AE; los resultados se sometieron a la prueba de rangos múltiples de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la EG de los tratamientos por tipo de microorganismo y hortaliza. Se observa que la EG para mesófilos en hortalizas lavadas se encuentra entre 78,6 y 90,1%; para hortalizas desinfectadas con AE de clavo entre 62,1 y 64,0%; canela entre 85,8 y 88,9%; y combinación entre 55,1 y 57,7%. Entonces, se evidencia una disminución de la carga microbiana con el uso de AE. Al comparar las medias de los tratamientos, no existe diferencia significativa entre la EG del lavado (85,1%) y la canela (87,9%); a continuación se encuentra el clavo y la combinación con 63,2 y 56,4%, respectivamente. Similar patrón se observa en mohos y levaduras. Es importante destacar que con respecto a *S. aureus*, la EG de la canela es la más alta (87,0%), seguida de clavo (67,4%), lavado (53,6%) y combinación (52,4%). Similarmente, la EG de la canela es alta (85,4%) para *Salmonella*, seguida de clavo (65,6%), lavado (54,7%) y combinación (53,8%). Debe señalarse que no se detectó presencia de *E. coli* en las hortalizas, indicativo de ausencia de contaminación fecal. En coliformes totales, la mayor EG se observó en el lavado (88,5%), seguida de canela (84,5%), clavo (65,8%) y combinación (50,8%). Es evidente que la mejor disminución microbiana se logra con

Tabla 1. Eficiencia germicida (%) de los tratamientos.

Microorganismo	Hortaliza	EG(%) por tratamiento			
		Lavado	AE clavo	AE canela	AE clavo-canela
Mesófilos totales	Col de repollo	89,8	62,1	88,9	57,1
	Col morada	78,6	64,3	88,8	57,5
	Espinaca Lechuga	81,7 90,1	62,3 64,0	88,1 85,8	55,1 55,7
	Promedio	85,1 ^a	63,2 ^b	87,9 ^a	56,4 ^c
Mohos y levaduras	Col de repollo	89,7	63,8	82,3	56,2
	Col morada	83,3	63,6	83,3	54,1
	Espinaca Lechuga	79,0 89,0	62,0 63,8	81,5 81,9	54,3 54,3
	Promedio	85,3 ^a	63,3 ^b	82,3 ^a	54,7 ^c
Staphylococcus aureus	Col de repollo	59,5	60,0	86,7	53,3
	Col morada	47,8	63,9	88,9	52,8
	Espinaca Lechuga	49,8 57,4	64,1 62,8	86,4 86,0	52,4 51,2
	Promedio	53,6 ^c	62,7 ^b	87,0 ^a	52,4 ^c
Salmonella	Col de repollo	65,1	66,7	86,7	53,3
	Col morada	53,3	64,3	85,7	53,6
	Espinaca	45,5	64,8	84,4	57,0
	Lechuga	54,7	66,7	84,6	51,3
	Promedio	54,7 ^c	65,6 ^b	85,4 ^a	53,8 ^c
Coliformes totales	Col de repollo	89,9	66,7	84,2	50,9
	Col morada	89,5	65,8	84,8	50,0
	Espinaca	87,3	65,0	84,4	51,7
	Lechuga	87,4	65,8	84,6	50,4
	Promedio	88,5 ^a	65,8 ^c	84,5 ^b	50,8 ^d

una combinación de lavado y uso de AE. El nivel de EG de los AE está en concordancia con los señalados en bibliografía para ácidos orgánicos (Rodríguez, 2011).

CONCLUSIONES

La aplicación de AE de canela, clavo y su combinación redujo moderadamente la carga microbiana de las hortalizas frescas, particularmente la canela hasta 88% de EG, lo cual permitirá garantizar productos que se ajusten a las normas sanitarias vigentes.

BIBLIOGRAFÍA

- González, E. 2006. Calidad y seguridad microbiológica de vegetales mínimamente procesados en fresco. En: <http://calidad.fundacionidea.com/iiiicongreso/comunicaciones/x1100.pdf>. 13 p.; consulta: octubre 2013.
- Guiza, D. y L. Rincón. 2007. Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de *M. mollis* combinado con inactivación térmica sobre cepas de *L. monocytogenes* y *B. cereus*. Trabajo de grado de Microbiólogo Industrial. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. 90 p.
- Rodríguez, E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai 7 (1): 153-170.

Influencia del Aceite Esencial de Naranja Lima en Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas Comestibles.

Influence of Orange Lima Essential Oil in Water Vapor Permeability of Edible Films.

Andrés Acevedo¹, Pablo Rodríguez y Héctor Suarez²

¹ Universidad Nacional de Colombia – SEDE BOGOTÁ, Facultad de Agronomía, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos

² Universidad Nacional de Colombia – SEDE BOGOTÁ, Facultad de Agronomía, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. hsuarezm@unal.edu.co

Resumen. En el presente trabajo se elaboraron películas comestibles (PC) con proteína de soya 1 %, almidón de yuca 2,5 y 4,0 %, glicerol 2 y aceite esencial de naranja (AEN) en concentraciones de 0,25, 0,55 y 0,75 %. A los materiales se les evaluó el espesor y la permeabilidad al vapor de agua (PVA). La adición de AEN redujo el espesor de las películas elaboradas con 2,5% de almidón y no tuvo efecto significativo sobre la PVA.

Palabras clave: Recubrimiento comestibles, alimentos, almidón de yuca.

Abstract: The edible coating in this work were prepared (PC) with 1% of soy protein, cassava starch 2.5 and 4.0%, glycerol 2 % and orange extract oil (AEN) in quantities of 0.25, 0.55 and 0.75%. The thickness and the water steam permeability were calculated to the materials (PVA). The addition of AEN reduced the thickness of the coating prepared with 2.5% of starch and it did not have any meaningful effect on the PVA.

Keywords: Edible coating, nourishment, cassava starch,

INTRODUCCIÓN

El almidón es biopolímero que proviene de diferentes fuentes vegetales como cereales, raíces y tubérculos. El uso de estos materiales permite disminuir el impacto ambiental generado por los polímeros sintéticos. La fuente botánica del almidón y plastificante utilizado influye en las propiedades de barrera de las películas (Joaqui y Villada, 2013). Las PC y recubrimientos son capas delgadas de materiales comestibles aplicados sobre los productos alimenticios, juegan un papel importante en su conservación. Por estas razones, el objetivo de este trabajo fue desarrollar películas comestibles con almidón, proteínas de soya y aceite esencial y determinar su permeabilidad al vapor de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

La películas comestibles fueron elaboradas a partir del método reportado por (Tapia *et al.*, 2012) con algunas modificaciones en el volumen de la suspensión, velocidad de agitación reportado por (Flórez *et al.*, 2007) se emplearon dispersiones de almidón

nativo obtenido de parénquima de yuca por el método de vía húmeda, marca CIMPA con las siguientes especificaciones fisicoquímicas: humedad 13 %, contenido de almidón min 85 %, pH 5 – 7, color blanco, el cual se usó en una concentración de 2,5 y 4,0 % y AEN (Green Andina Ltda.) a una concentración de 0,25, 0,5 y 0,75%, plastificante 2% (glicerol marca CIMPA) y agua en cantidades necesarias para completar el 100% de la mezcla, según cada formulación preparada. Los componentes fueron mezclados con un agitador Ultraturrax marca IKA, modelo T-18 serie - BASIC a una velocidad 2 de 7000 rpm durante tiempo de 5 minutos. El almidón se gelatinizó a 90°C/30 minutos con agitación constante en una plancha marca Heidolph, modelo MR – serie 300L a 300 rpm, posteriormente se dejó enfriar temperatura ambiente hasta alcanzar 45 °C, se agregó el aceite esencial de Naranja de la variedad lima el cual es obtenido mediante la técnica de arrastre de vapor y fue suministrado por Green Andina Ltda., este se homogenizó por 2 minutos, posteriormente la suspensión fue desgasificada en un horno Marca Raypa – modelo Drying Oven, Digitserie EV50 a una presión de vacío de 0,5 bar por un tiempo de 15 minutos, se dispuso 22 g de esta suspensión en cajas de Petri de 9 cm de diámetro y deshidratadas a 50°C por 24 horas en el mismo horno. La Determinación PVA: la permeabilidad de vapor de agua se determinó con algunas modificaciones al método estándar Internacional (E96/E96M – 2012), (Tapia *et al.*, 2012) (ASTM, 2012). A una temperatura de 21 °C y una HR de 35 %, cada muestra se colocó en una capsula de polietileno de 3 cm de diámetro por 4,5 cm de alto, enseguida se llenó de agua (26 ml), luego se puso la película sobre la capsula y se sujetó con una banda de caucho, luego fue pesada en una balanza analítica de precisión (OHAUS) Serie Pioneer TM RS232) y puesto en un desecador sellado herméticamente al cual previamente se le introdujo una solución sobresaturada de CaCl₂ anhidro con una humedad relativa (HR) del 35% a 21°C. Finalmente, se pesó el montaje cada hora, durante un lapso de seis horas, el Coeficiente de PVA se calculó la pendiente (g - 1) y se dividido por el área de la celda (m²). Con el promedio del espesor se calculó la permeabilidad (PVA) (g

m-1 s-1 Pa-1). Las muestras fueron analizadas por triplicado. El espesor de las películas se midió como el promedio de 4 mediciones en los cuatro cuadrantes de la película según la metodología descrita (ICONTEC) por la NTC – 322 de 2004, tomadas con un micrómetro digital Marca Mitutoyo con una precisión de 0,001mm. Los datos fueron Analizados en el programa estadístico Stargraphics, mediante una ANOVA de dos vías y prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de almidón y AEN no ejercen un efecto estadísticamente significativo sobre el espesor de las PC, sin embargo en el tratamiento con almidón al 2,5%, se observa que al incrementar AEN disminuye el espesor de las películas, posiblemente por el efecto del pH del aceite esencial sobre el almidón, además con el incremento de la temperatura durante la gelatinización almidón las moléculas vibran vigorosamente rompiendo los enlaces intermoleculares, permitiendo así la formación de enlaces de hidrogeno con el agua, dejando expuestas las moléculas de amilosa, que son lineales y menos voluminosas que las ramificadas de amilopectina, quedando expuestas en la solución extra granular. Durante el secado pueden formar glóbulos vacíos o deshinchados que ocupan menos espacio y pueden afectar el espesor de la película, (Tabla1). La adición de AEN no ejerció efecto significativo sobre la PVA de las PC, posiblemente por las interacciones moleculares que modifican la estructura de la red del almidón que disminuyen los grupos hidrofílicos disponibles en las cadenas amilosa y amilopectina con los átomos hidrógeno del glicerol y el aceite esencial, generando un alto grado de ordenamiento molecular y una alta energía de cohesión del material, cambiando el carácter hidrofílico, evitando la difusión de vapor de agua a través de la PC, el tratamiento 8 presenta una permeabilidad inferior a la reportada en la literatura (Tapia

et al.,2012) como consecuencia de la adicción del AEN y al mayor contenido grupos OH de la amilosa y amilopectina expuestos durante la gelatinización del almidón a portados por mayor contenido de los sólidos aportados por el almidón.

CONCLUSIONES

Las películas plásticas formadas a partir de almidón de yuca y AEN no presentan diferencias estadísticamente significativas para la variable espesor. El aceite esencial no afecta las propiedades de barrera al vapor de agua a las concentraciones evaluadas, debido a una disminución del carácter hidrofílico de las PC generado por la adición de AEN y glicerol permitiendo un mayor grado de ordenamiento molecular y mayor grado de cohesión de material aumentando la adsorción y disminuyendo de difusión del vapor de agua a través del material.

BIBLIOGRAFÍA.

- ASTM. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. Designation: E96/E96M – 12. In: Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: ASTM, 2012
- Flores, S., L. Famá, A. M. Rojas, S. Goyanes and L. Gerschenson. 2007. Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. Food Research International 40(2): 257–265
- ICONTEC (2004) Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana NTC322. Método para determinar el espesor (calibre) del papel, cartón y cartón combinado.
- Joaqui, F., H. Villada. 2013. Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial 2 :59- 68.
- Tapia, M.S., E. Pérez, PE. Rodríguez, R. Guzmán, N.M Ducamp-Collin, T. Tran, A. Rolland-Sabate.2012. Some properties of starch and starch edible films from under-utilized roots and tubers from the Venezuelan Amazons. Journal of Cellular Plastics 48(6):526–544.

Tabla 1. Espesor y PVA de las PC elaboradas con almidón y AEN.

T	Almidón % p/v	Glicerol % v/v	A.E.N % v/v	Espesor (mm)	PVA (g/m.s.pa)
C1	2,5	2	0	0,1679±0,0112 ^a	2,2045E-09±1,7963E-10 ^a
T1	2,5	2	0,25	0,2002±0,0028 ^a	2,6395E-09±2,2275E-10 ^a
T3	2,5	2	0,5	0,1801±0,0666 ^a	4,0775E-10±9,9874E-11 ^a
T4	2,5	2	0,75	0,1588±0,0133 ^a	3,159E-10±3,0546E-10 ^a
C2	4	2	0	0,1529±0,0077 ^a	4,9544E-10±3,1034E-10 ^a
T6	4	2	0,25	0,1378±0,0017 ^a	4,6496E-10±1,9667E-10 ^a
T7	4	2	0,5	0,2409±0,0072 ^a	4,2424E-10±1,4872E-11 ^a
T8	4	2	0,75	0,1637±0,0078 ^a	3,0243E-10±3,1238E-11 ^a

A continuación se presentan las convenciones utilizadas en la tabla N1, PC = película comestible, T: tratamiento, A.E.N = aceite esencial de naranja, C= control, PVA = permeabilidad al vapor de agua. Valores en la tabla son promedio de las mediciones ± desviación estándar, tamaño de muestra n=3. Valores en columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes (P≤0.05).

Conservación de la Mora (*Rubus glaucos Benth*) por los Métodos Combinados de Osmodeshidratación – Deshidratación por Aire Caliente

Conservation of the Blackberry (*Rubus glaucous Benth*) Using the Combined Methods of Osmotic dehydration – Hot Air Dehydration

Jesús Antonio Galvis V¹; Marcela Guzmán R²; Ludy Yohana Zambrano A³

¹ Ingeniero Agrícola, Ph. D. Ciencias Agropecuarias. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, calle 170 N° 54A – 10. galvis.jesus@uniagraria.edu.co

² Ingeniera de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, calle 170 N° 54ª – 10. guzman.marcela@uniagraria.edu.co

³ Ingeniera de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia –UNIAGRARIA, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, calle 170 N° 54ª – 10. zambrano.ly@uniagraria .edu.co

Resumen. La Mora es un fruto altamente perecedero por su alto contenido de agua. El objetivo de esta investigación fue aumentar la vida útil de la mora por el método combinado de osmodeshidratación – deshidratación por aire caliente. La fruta madura se cortó en mitades, para ser sometido en una primera etapa a osmodeshidratación utilizando jarabe de miel de abejas en tres concentraciones: 60, 65 y 70 °Brix, por un tiempo de 12 horas. Los criterios para determinar el mejor tratamiento fueron la pérdida de humedad y el análisis sensorial. En la segunda etapa las moras provenientes del mejor tratamiento de osmodeshidratación se sometieron a deshidratación por aire caliente en dos temperaturas: 50 y 60°C durante 8 horas. El mejor tratamiento se seleccionó en base al color (L^* , a^* , b^*) y al análisis sensorial. En la primera etapa el mejor tratamiento resultó ser la fruta osmodeshidratada en jarabe de miel de abejas a 65 °Brix. En la segunda el mejor fue el secado a 60°C.

Palabras clave: Alimentos, frutas, peso, calidad, color.

Abstract. Blackberry is a highly perishable fruit due to its high water content. The objective of this research was to increase the shelf life by the combined method of osmotic dehydration - hot air drying. The ripe fruit was halved, to be submitted in a first step to osmotic dehydration using honey syrup in three strengths: 60, 65 and 70° Brix, for a period of 12 hours. The criteria for determining the best treatment were moisture loss and sensory analysis. In the second stage the blackberries from the best treatment of osmotic dehydration underwent hot air dehydration in two temperatures: 50 and 60°C for 8 hours. The best treatment was selected based on the color (L^* , a^* , b^*) and sensory analysis. In the first stage the best treatment proved to be the fruit osmotic dehydrated honey syrup 65 °Brix. The second best was dried at 60°C.

Key words: Foods, fruits, weight, quality, color.

INTRODUCCIÓN

Las frutas juegan un papel importante en la dieta humana por sus cualidades nutritivas. La mora es una baya globosa de color rojo oscuro cuando está maduro. El sabor predominante es ácido y su contenido de humedad es del 88%, contiene niveles aceptables de minerales y vitaminas. El cultivo de la mora en Colombia ha aumentado su área y rendimiento en los últimos años, destacándose Cundinamarca, Santander y Antioquia. Sin embargo, su alto grado de perecibilidad, origina elevadas pérdidas en pos cosecha, las cuales pueden disminuirse aplicando técnicas de conservación que reduzcan su contenido de humedad y no afecten sus propiedades nutricionales y organolépticas, como es el método de osmodeshidratación - deshidratación por aire caliente (Heredia *et al.*, 2007). El jarabe de miel de abejas, en diferentes concentraciones, ha sido utilizado en la osmodeshidratación de frutas obteniéndose resultados superiores comparada con otras soluciones. El objetivo de esta investigación fue alargar la vida útil de la mora mediante la aplicación del método combinado de osmodeshidratación – deshidratación por aire caliente, utilizando jarabe de miel de abejas en 3 concentraciones y aire caliente a 2 temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Osmodeshidratación. Los trozos de mora se introdujeron en bolsas que contenían jarabe de miel de abejas en tres concentraciones: 60, 65 y 70° Brix por 12 horas, en proporción 1:3. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento. El mejor tratamiento se seleccionó con base en la pérdida de humedad y las características sensoriales. Para este último se realizó una prueba de preferencia por el método de ordenamiento.

Deshidratación por aire caliente. Trozos de mora provenientes del mejor tratamiento de osmodeshidratación se sometieron a deshidratación por aire caliente en dos

temperaturas: 50 y 60°C por 8 horas. La mejor temperatura se estableció a través de una prueba de preferencia y cambios de color.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa de Osmodeshidratación. La figura 1 muestra la pérdida de Humedad, durante la osmodeshidratación de la fruta. La concentración que presentó la mayor capacidad de reducción de humedad fueron los jarabes de 65 y 70°Brix, no presentando diferencias significativas entre ellos.

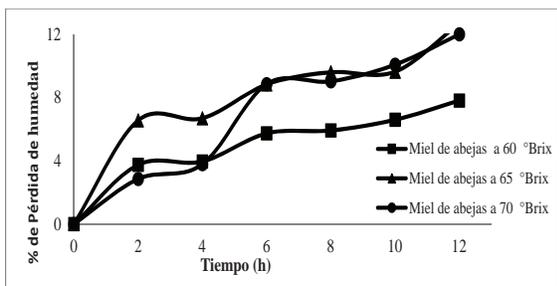


Figura 1. Variación del % de Humedad durante la osmodeshidratación de la Mora.

Análisis Sensorial. La fruta osmodeshidratada en jarabe de miel de abejas a 65°Brix fue la que tuvo mayor aceptación respecto a sus características sensoriales. De acuerdo a los resultados de pérdida de humedad y del análisis sensorial, se seleccionó la mora osmodeshidratada a 65°Brix como pre tratamiento en la deshidratación por aire caliente.

Etapa de Deshidratación por Aire Caliente

Cambios de color. La figura 2 presenta los cambios en luminosidad (L^*) y Cromaticidad (a^* y b^*), de la fruta deshidratada a 50 y 60°C. Se presentó disminución de la luminosidad en las 2 temperaturas de deshidratación; la prueba de Tuckey no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Con relación al parámetro a^* (Verde – Rojo), hubo aumento en la intensidad del rojo con el aumento de temperatura de deshidratación. Remacha *et al.*, (1990), afirma que ello se debe al pardeamiento no enzimático producido por la reacción de Maillard. Respecto a b^* (Amarillo – Azul) se presentó disminución al aumentar la temperatura de deshidratación.

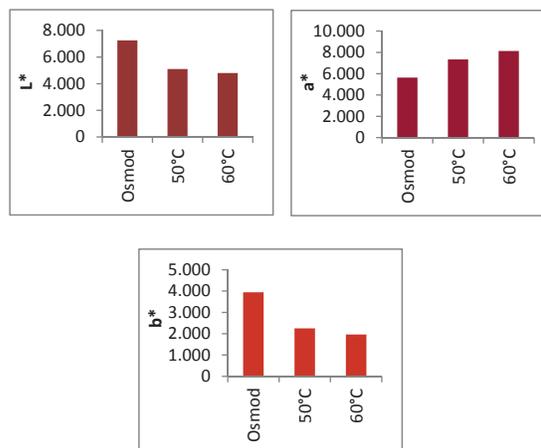


Figura 2. Variación de color (L^* , a^* , b^*) en la fase de deshidratación por aire caliente

Análisis Sensorial. Los resultados de la prueba de preferencia no mostraron diferencias altamente significativas en los atributos de calidad entre frutos deshidratados a 50 y 60°C por 8 horas.

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento de osmodeshidratación de la mora fue el jarabe de miel de abejas a 65°Brix con una pérdida de humedad del 12,67%.

En la etapa de deshidratación por aire caliente, la mejor temperatura fue 60°C, tomando en consideración las preferencias de los panelistas y a que no hubo diferencias significativas en los parámetros de color entre los 2 tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Heredia, A., C. Barrera and A. Andre. 2007. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of Kinetics and other related properties. *Journal of Food Engineering*. 80(1): 111–118.
- Remacha, J. E., A. Ibarz and J. Giner. 1990. Cambios de color por efecto de la temperatura en pulpas de fruta. *Revista Alimentaria* 10: 15 –21.

Efecto de Tratamientos de Ultrasonido en el Tiempo de Secado por Aire de Trozos de Piña y Mango

Effect of Ultrasonic Treatment on the Air Drying Time of Pineapple and Mango Slices

Carlos E. Orrego¹; Natalia Salgado²; Eva G. Vásquez³

¹ Profesor Titular, Ph.D. Instituto de Biotecnología y Agroindustria, Departamento de Física y Química, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. corrego@unal.edu.co

² Ingeniera Química, Candidata a M.Eng. Ingeniería Industrial. Instituto de Biotecnología y Agroindustria, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. nsalgadoa@unal.edu.co

³ Química. Instituto de Biotecnología y Agroindustria, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. evazquezo@unal.edu.co

Resumen. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de dos tratamientos con ultrasonido (20KHz) en la deshidratación convectiva de piña y mango. La exposición al ultrasonido (US) se realizó mediante dos técnicas. La primera por contacto de un piezoeléctrico oscilante sobre la bandeja de secado (5 min cada media hora, USC). El segundo protocolo consistió en sumergir previamente en un baño ultrasónico con agua a los trozos de fruta durante 20 min (USB). Comparativamente con la deshidratación por convección, con USC y USB se lograron mejores velocidades y menores tiempos de deshidratación.

Palabras clave: Ultrasonido, secado convectivo, mango, piña,

Abstract. The aim of this work was to analyze the effect of two ultrasound treatments (20 kHz) on the convective dehydration of pineapple and mango. Exposure to ultrasound (US) was done by two techniques. The first one was done by contact of an oscillating piezoelectric plate with the drying tray (5 min each half hour, USC). The second protocol was to immerse previously the fruit slices in an US water bath during 20 min (USB). USC and USB techniques showed superior drying rates and drying times than convective dehydration.

Key words: Ultrasound, convective drying, mango, pineapple.

INTRODUCCIÓN

El uso del ultrasonido como un tratamiento complementario en procesos de la industria alimenticia (cristalización, secado, emulsificación, desgasificación, filtración, desmoldeo, entre otras), se perfila como una herramienta de gran utilidad en la reducción de tiempos de procesamiento. Esta tecnología emergente que se basa en que la propagación de ondas mecánicas entre 20 kHz y 10 MHz en un medio elástico, produce calor, vibración y cavitación en el material expuesto dependiendo de la frecuencia e intensidad que se utilice. El US también mejora las transferencias de calor y masa, la difusión y, en el caso de emulsiones, incrementa

su estabilidad. La exposición al US se hace por aplicación directa al producto por acoplamiento con un dispositivo, o por sumergimiento dentro un baño ultrasónico (Chemat and Khan, 2011; Picò, 2013). Para el caso del secado de alimentos las ondas de US viajan por el medio sólido generando una serie de compresiones y expansiones (efecto esponja), propiciando la formación de canales que permiten un mejor movimiento del agua y a su vez favoreciendo la eliminación de la humedad (Muralidhara, 1985). Los efectos del ultrasonido parecen ser más significativos a bajas temperaturas, disminuyendo así las posibilidades de degradación del alimento, y por ende la conservación de sus características y calidad (Gallego-Juarez *et al.*, 1999; Mason, 1998).

El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia del tratamiento con US (20KHz) por exposición directa (USC) o por sumergimiento previo en un baño (USB) en el tiempo de deshidratación de trozos de piña y de mango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las piñas y los mangos, con un grado de madurez definido y similar, fueron suministrados por Industrias Alimenticias La Gloria (Manizales, Colombia). Las frutas fueron peladas y las pulpas cortadas en cilindros de 4.0 cm de diámetro y 0.5 cm de alto, aproximadamente. Las pruebas de secado se realizaron por triplicado, usando una temperatura de aire de 60 ± 2 °C durante 10 horas en un horno de convección forzada (DIES Thermolab). Las frutas fueron sometidas a dos tipos de tratamientos: por contacto directo (5 min cada media hora) de un piezoeléctrico oscilante (20 ± 1.5 KHz) sobre la bandeja en la que se secaron los trozos (USC), o sometidos antes del secado a un tratamiento en un baño de US-20 KHz (Elmasonic E300H) por 20 min a 30 °C. A manera de blanco se hicieron ensayos de secado convectivo simple (S) para cada fruta. Se monitoreó la variación de peso de las muestras usando una balanza analítica (Adventurer™ OHAUS, precisión $\pm 0,001$ g).

La medición de humedad se realizó mediante calentamiento por infrarrojo (80°C, Metler LJ16). Estas medidas se hicieron por cuadruplicado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las humedades iniciales en base húmeda de la piña y del mango fueron $85,0 \pm 1,2\%$ y $80,0 \pm 1,4\%$ respectivamente. La piña y el mango mostraron una mínima ganancia de agua luego del pre-tratamiento USB ($6,2 \pm 0,2\%$ y $2,1 \pm 0,2\%$), siendo probable cierta pérdida de sólidos solubles de la fruta hacia el medio líquido (agua destilada) (Fernandes y Rodrigues, 2008).

La evolución en el tiempo del contenido de humedad en base seca (X) en los tres tipos de ensayos de deshidratación de piña y de mango se presenta en la Figura 1. En las primeras cuatro horas de secado es evidente el mayor descenso de la humedad de las frutas en los ensayos ayudados por US respecto del observado para su secado convectivo simple (S). Al finalizar éste período para los trozos de piña se encontró que la humedad media de las muestras de USC, USB y S fue 24,6%, 36,7% y 39,4%, respectivamente mientras que para las de mango era de 17,0%, 16,9% y 23,5%, para USC, USB y S respectivamente.

Dependiendo del valor final deseado, y a partir de la misma información experimental de la Figura 1, se encontró que en todos los casos los tratamientos con US toman menor tiempo para alcanzar la misma humedad final, siendo más acentuada la diferencia para valores de este parámetro superiores al 10%. El tiempo de secado tiende a ser el mismo para los tres tipos de secado analizados si la humedad final es inferior al 5% (Tabla 1).

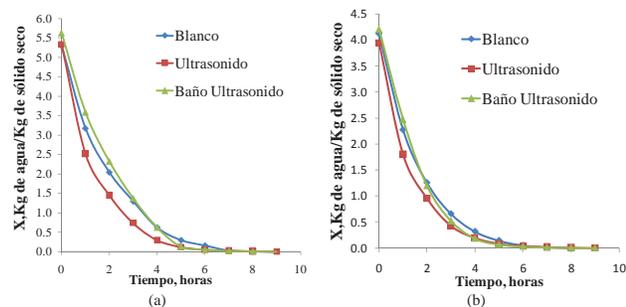


Figura 1. Curvas de secado de piña (a) y mango (b), usando secado convectivo convencional (Blanco), tratamiento de ultrasonido (20KHz) y pre-tratamiento con baño de ultrasonido (20KHz).

Tabla 1. Tiempos medios (h) de secado por fruta para alcanzar ciertos valores finales de humedad.

Tipo de secado	Piña			Mango		
	Humedad final (%)*					
	15 %	10%	5%	15 %	10%	5%
USC	4,59	5,47	7,77	4,19	4,62	6,13
USB	4,87	5,46	7,63	4,10	4,27	5,98
S	5,76	6,32	7,91	4,68	5,23	6,42

* Base Húmeda

CONCLUSIONES

Los ensayos de secado ayudados por ultrasonido probados en este trabajo permiten reducir el tiempo de secado de trozos de mango y piña respecto de la operación de deshidratación por aire convencional. Teniendo en cuenta que los deshidratados de fruta comerciales tienen una humedad final que fluctúa entre 10 y 15% en base húmeda esta tecnología puede ser de potencial utilidad para la reducción de costos, mejora de calidad de producto y disminución del impacto ambiental de la operación de secado de frutas.

BIBLIOGRAFÍA

- Chemat, F. and M.K. Khan. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry* 18(4): 813-835.
- Fernandes, F.A. and S. Rodrigues. 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology* 26(12): 1509-1516.
- Gallego-Juarez, J.A., G. Rodriguez-Corral, J. Gálvez Moraleda and T. Yang. 1999. A new high-intensity ultrasonic technology for food dehydration. *Drying Technology* 17(3): 597-608.
- Mason T. 1998. Chapter 6: Power ultrasound in food processing—The way, pp 105. *Ultrasound in food processing* Primera edición. Blackie Academic & Professional. 283p.
- Muralidhara, H., D. Ensminger and A. Putnam. 1985. Acoustic dewatering and drying (low and high frequency): State of the art review. *Drying Technology* 3(4): 529-566.
- Picó Y. 2013. Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 112: 4384-99.

Efecto del Tratamiento Térmico el Contenido de Aminoácidos de Harina de Plátano de Dos Clones

Effect of Thermal Treatment on Content of Amino acids of Two Clones of Plantain Flours

Pablo Rodríguez¹, Elevina Pérez²

¹ ICTA Universidad Nacional de Colombia, Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co

² Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela. Apartado Postal 47097, Caracas 1041-A, Venezuela. perezee@hotmail.com

Resumen. En este estudio se evaluó el efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de aminoácidos totales durante la elaboración de harina de Plátano (*Hartón Musa AAB*, sub grupo cv: *Hartón común* y *Hartón enano*). El contenido de aminoácidos fue superior en el *Hartón enano* y el tratamiento térmico produjo una disminución del contenido de aminoácidos en los dos subgrupos ($P \leq 0.05$).

Palabras clave: Plátano, harina, aminoácidos.

Abstract. The effect of thermal treatment on the content of total amino acids of unripe plantain flours elaborated from the edible portion of two plantain clones (*Musa AAB* sub groups cv: *Hartón común*, and *Hartón dwarf*) were evaluated. Amino acid content was higher in the *Hartón dwarf* and heat treatment produced a decrease in the content of amino acids in both flours ($P \leq 0.05$).

Keywords: Plantain, flour, amino acids.

INTRODUCCIÓN

Los plátanos del sub grupo *Hartón musa* (AAB) son los principales bananos que se consumen en su mayoría en forma directa en Colombia y Venezuela. Ya que este rubro presenta altas pérdidas pos cosecha (40%), actualmente hay diversas líneas de transformación del fruto (chips, compotas, purés, confituras, harinas, etc.) que involucran tratamiento térmico. Sin embargo, no hay suficiente información que señale los efectos del procesamiento sobre los nutrientes del plátano. En este estudio se evalúa el efecto del tratamiento térmico durante la obtención de harinas de plátanos del sub grupo *Hartón* cv común y enana sobre el contenido de sus aminoácidos totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboraron harinas de plátanos (*Musa AAB*, sub grupo cv *Hartón* común y *Hartón* enano) del banco de germoplasma del INIA-Aragua, Venezuela, cosechado con de madurez grado 1. Los frutos seleccionados y lavados, se cocieron a ebullición (20 min.), se enfriaron con inmersión en agua fría y se descascararon. Rodajas de pulpa de 2 a 3mm, se deshidrataron (60°C x 24 hs) y molieron hasta obtener una granulometría promedio de 60 mesh. Las muestras se codificaron como: Harina de *Hartón* común con cocción (HCC) y de *Hartón* enano con cocción (HEC). Se elaboraron harinas controles con harina de plátano de ambos subgrupos sin cocción previa codificándose como harina de *Hartón* común sin cocción (HC) y de *Hartón* enano sin cocción (HE). La determinación de aminoácidos totales (Gorinstein *et al.*, 2002) se realizó usando la técnica de HPLC. A la data obtenida se le aplicó análisis de varianza de dos vías con interacción y prueba de rangos múltiples de Duncan a un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra que la HC presentó el mayor contenido en: Asp, Glu, Ser, Thr, gly, Ala, Pro, Ile, Leu, Phe, Lys, e His que HE, ésta solo superó a la HC en el contenido de Arg, Val, Cys y Tyr. Los aminoácidos presentes en mayor proporción en las muestras analizadas fueron Glu, Asp, Lys y Ala. En cantidades menores se halló Arg, Ser, Thr, Gly, Val, Leu, Ile, Phe y Pro y en pequeñas cantidades se identificó Met, Cys y Tyr. El Trp estuvo ausente en todas las harinas de plátano estudiadas, similares resultados se señalan en la bibliografía (Ketiku, 1973; Gwanfogbe *et al.*, 1988). Los resultados encontrados en este estudio

Tabla 1. Contenido de aminoácidos (mg/g de proteína) de harinas Hartón enano y Hartón común.

Aminoácido	HE	HEC	HC	HCC
Asp	74,47±0,03a	69,48±0,01b	96,23±0,15c	81,49±0,01d
Glu	127,37±0,03a	125,89±,01b	174,34±0,15c	125,32±0,01d
Arg	61,84±0,38a	40,60±0,18b	56,23±0,03c	45,13±0,56d
Ser	43,95±0,16a	38,15±0,30b	52,83±0,02c	40,58±0,31d
Thr	29,74±0,14a	24,80±0,22b	34,34±0,01c	33,77±0,08d
Gly	40,79±0,16a	34,88±0,28b	48,30±0,06c	44,81±0,11d
Ala	50,00±0,24a	47,14±0,08b	65,28±0,06c	44,48±0,11d
Pro	23,42±0,09a	17,71±0,16b	24,53±0,00c	22,40±0,01d
Val	57,63±0,46a	28,07±0,36b	50,65±0,21c	38,87±0,29d
Met	2,45±0,03a	2,37±0,09b	3,57±0,03c	3,40±0,06d
Ile	26,32±0,11a	22,62±0,20b	31,32±0,05c	25,00±0,04d
Leu	50,26±0,18a	43,05±0,37b	59,62±0,09c	44,48±0,05d
Phe	30,26±0,14a	24,25±0,36b	33,58±0,02c	32,79±0,17d
Cys	1,05±0,03a	ND	0,97±0,01c	ND
Lys	57,63±0,11a	51,50±0,39b	71,32±0,09c	48,70±0,52d
His	0,54±0,02a	0,26±0,02b	12,66±0,27c	0,75±0,02d
Tyr	5,26±0,08a	3,27±0,11b	4,87±0,09c	4,53±0,02d
Trp	ND	ND	ND	ND

ND: No detectado. Valores en la tabla son promedio ± desviación estándar, n=3. Valores en la fila con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

se relacionan con la data reportada en la literatura (Ketiku, 1973; Barthakur and Arnold, 1990) que señalan que los principales aminoácidos presentes en plátano verde son Asp, Glu, Arg, Ala y Leu; mientras que Tyr, His y Met están presentes en mínimas cantidades.

CONCLUSIONES

El plátano *Hartón cv* común contiene mayor concentración de aminoácidos que la variedad enana. Y la composición de aminoácidos totales es significativamente disminuida por el tratamiento térmico aplicado para la obtención de la harina.

BIBLIOGRAFÍA

Gorinstein, S., E. Pawelzik, E. Delgado, R. Haruenkit, M. Weisz and S. Trakhtenberg. 2002. Characterization of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82 (8): 886-891.

Ketiku, A. O. 1973. Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24(6): 703-707.

Gwanfogbe, P., J. Cherry, J. Simmons and C. James, 1988. Functionality and nutritive value of composite plantain (*Musa paradisiaca*) fruit and glandless cottonseed flours. *Tropical Science* 28 (1): 51-66.

Barthakur, N. and N. Arnold. 1990. Chemical evaluation of *Musa "Bhimkol"* as a baby food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 53(4): 497-504.

Estudio de la Transferencia de Masa Durante el Proceso de Tostion del Café Variedad Castillo

Study of the Mass Transfer during Coffee Roasting Process Variety Castle

Agustín Cardona Naranjo¹; Félix Octavio Díaz Arango²; Luís Fernando Mejía Gutiérrez³

¹ Estudiante de ingeniería de alimentos, Universidad de caldas, facultad de Ingeniería, AA.275,acardonan.09@gmail.com.

² Docente, Universidad de Caldas, Facultad de Ingeniería, AA.275, felix.diaz@ucaldas.edu.co.

³ Docente, Universidad de Caldas, Facultad de ingeniería, AA.275, Luis.mejia_g@ucaldas.edu.co.

Resumen. Una de las operaciones más importantes en la transformación del grano de café verde es la tostión en la que se da el movimiento de agua desde el grano; este fenómeno no ha sido ampliamente reportado por ello se investigó este comportamiento en café verde variedad Castillo procedente del municipio de Palestina (Caldas). Los resultados muestran que el flux de transferencia de masa tiene un comportamiento hidrodinámico y bien se representa por la ley de Poissulle con un factor de correlación de 98,95 % mayor aun que el modelo de difusión combinada (84,19%), el coeficiente de difusión efectivo se calculó según la trayectoria libre de la molécula con un factor de correlación de 100%. Dichas correlaciones permiten predecir el comportamiento difusivo de la humedad desde el interior del grano de manera confiable para predecir las pérdidas durante el proceso.

Palabras clave: Fenómenos, grano, difusividad, flux, hidrodinámico, trayectoria libre de la molécula.

Abstract. One of the most important operations in the transformation of green coffee bean is roasting. During this process water movement occurs from the grain. This phenomenon has not been widely reported so this behavior was investigated in green coffee from Castillo variety, municipality of Palestina (Caldas). The results show that the mass transfer flux has a hydrodynamic behavior and well represented by law Poissulle with a correlation factor of 98.95% even greater than the combined distribution model (84.19%), the effective diffusion coefficient was calculated according to the free path of the molecule with a correlation factor of 100%. These correlations predict the diffusive behavior of moisture from inside the grain reliably predicting losses during the process.

Key words: Phenomena, grain, diffusivity, flux, hydrodynamic, molecule free path.

INTRODUCCIÓN

El aroma y sabor del café son los atributos sensoriales de mayor relevancia en taza y son el resultado de la pirolisis durante el proceso de tostión, el cual está ligado a la pérdida de humedad como función de la temperatura y tiempo, por lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

Calcular la difusividad de Knudsen y el flux de los granos de café durante el proceso de tostión con el fin de hallar la curva en función de la transferencia de masa dada en dicho proceso.

Identificar la cinética de pérdida de agua y otras sustancias, proporcionada en los diferentes momentos térmicos durante el proceso de tostión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trilló una muestra de 10 kilos de café pergamino variedad castillo procedentes de Palestina (Caldas), se determinó la humedad, granulometría, densidad, se tostó y cató. Posteriormente se tomaron 45 muestras de 100 ± 1 g de café supremo (malla No. 18 según ISO 3310 mallas y tamices), se realizó por triplicado la curva de tostión desde los 3 min hasta los 12 min, tomándose muestras cada 30 ± 5 s. entre temperaturas de $154 \text{ }^\circ\text{C}$ y $231 \text{ }^\circ\text{C}$. El proceso se llevó a cabo en un tostador eléctrico de tambor rotatorio horizontal al 80% de potencia (TC 150 AG, Industrias Quantik Ltda., Bogotá). Las muestras tostadas se dispusieron en un desecador y se determinó las mermas en una balanza analítica marca kern modelo PCB2500-2, capacidad $2500 \text{ g} \pm 0,0001$. A los datos obtenidos de los valores medios se les aplicó la prueba estadística de Durbin-Watson al 95% con el paquete estadístico Statgraphis Centurion versión XV. Se utilizó para determinar la difusividad la ecuación 1 y para el flux las ecuaciones 2 y 3 Treybal (1998), los datos de las ecuaciones se graficaron en Matlab R 2011a.

$$D_{K,A} = \frac{d}{3} * \left(\frac{8gcRT}{M_A} \right)^{1/2} \quad (1)$$

$$NA = \frac{NA}{NA + NB} \frac{D_{AB,ef} * pt}{RTz} \ln \frac{\frac{NA}{NA + NB} \left(1 + \frac{D_{AB,ef}}{D_{K,Aef}} \right) - y_{A2}}{\frac{NA}{NA + NB} \left(1 + \frac{D_{AB,ef}}{D_{K,Aef}} \right) - y_{A1}} \quad (2)$$

$$NA = \frac{k * pt(pt1 - pt2)}{RTZ} \quad (3)$$

Notación para las ecuaciones 1, 2 y 3:

- $D_{K,A}$: Difusión de knudsen, L^2/Θ
- d: Diámetro de poro, L
- gc: Factor de conversión, ML/F Θ
- R: Constante universal de los gases, FL/molT
- T: Temperatura absoluta, K
- π : pi
- MA: Peso molecular, M/mol

- k: una constant, $L^4/F\Theta$
- NA: Flux de agua, mol/L $^2/\Theta$
- NB: Flux de aire, mol/L $^2/\Theta$
- D_{AB,ef}: Difusividad Agua- Aire, L $^2/\Theta$
- pt: Presión total, F/L 2
- Z: Espesor del grano de café, L
- Y_A : Concentración, fracción mol
- D_{K,A,ef}: Difusión de knudsen, L $^2/\Theta$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 1 y 2 se muestran los datos experimentales de la difusividad de knudsen y el Flux de la curva de tostación. La tabla 1 representa los datos de difusividad y flux los cuales se correlacionan con una ecuación polinomial de grado 2. Los datos obtenidos representan una curva al 98-100% con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 1. Modelo polinomial de la difusividad de knudsen y del flux acumulado.

Modelo	R2	MAE	Polinomio Característico en función de la temperatura
Flux acumulado	98,953	0,006034370	Fluxacu = -1,83778 + 0,0183996*Temperatura °C-0,0000398883*Temperatura °C ^ 2
	100,000	0,000001373	= 0,000176165-0,00000151133*Temperatura °C + 3,42344E-9*Temperatura °C ^ 2

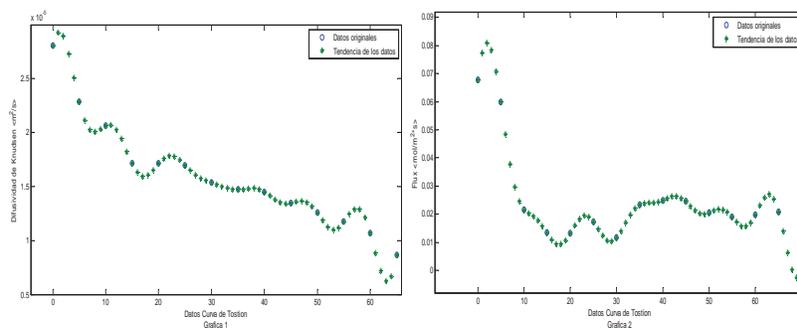


Figura 1. Resultados experimentales de la difusividad de knudsen y el Flux de la curva de tostación.

En la difusividad se aprecian las mismas etapas térmicas mencionadas. Los polinomios determinados están en función de la temperatura a las condiciones de tostion establecidas con una eficiencia de las resistencias del 80% y siempre a una temperatura inicial de 184 °C con choque térmico y una temperatura variable de 154 °C hasta 231 °C, desde los 3 min a los 12 min del experimento en concordancia con Arcila (2012).

CONCLUSIONES

Se evidencia la relación entre el valor del parámetro de difusividad y el flux, a su vez estos determinan los

En las Figura 1 se muestran los resultados experimentales de la difusividad de knudsen y el Flux de la curva de tostación:

En el flux se puede visualizar 3 etapas térmicas en concordancia con Jerez (2012). La primera abarca de 0 a 10 datos, con más alto contenido de humedad por lo que el gradiente de concentración es mayor, en ese intervalo se volatilizaran los compuestos de menor peso molecular y la humedad alcanzó un valor de 8,54 %, en esta etapa la difusividad alcanzó un valor medio $2,46 \cdot 10^{-5} m^2/s$ y Flux de $0,05 \text{ mol}/m^2 \cdot s$. La segunda etapa abarca de 10 a 65 datos, las moléculas presentaron mayor choque con los poros del grano de café por vaporización del agua ocluida en los mismos, la difusividad fue $1,32 \cdot 10^{-5} m^2/s$ con humedad 6,32%, el Flux alcanzó un valor de $0,015 \text{ mol}/m^2 \cdot s$. En la 3ra etapa la difusividad fue de $9,62 \cdot 10^{-6} m^2/s$ por la pedida de sustancias de mayor peso molecular y el gradiente de humedades es cercano a cero, el flux fue $0,007 \text{ mol}/m^2 \cdot s$; eso indica que el grano lleo al final de la pirolisis y se puede encender dentro del tostador.

comportamientos de las mermas durante el proceso de tosti3n, así como la evolución de la temperatura en el tiempo. El comportamiento de las variables investigadas se relaciona con la humedad del grano en las diferentes etapas del proceso de tosti3n y se observan valores decrecientes en concordancia con la teoría de la difusión de gas polvoso. Las correlaciones reportadas reproducen fielmente los datos experimentales y por ende el comportamiento real del café, constituyen una herramienta para predecir el porcentaje de mermas durante el proceso de tosti3n.

BIBLIOGRAFÍA

- Jerez Jerez, Alejandro y Yépez Villarreal, Byron Daniel. 2012. Efecto de las condiciones de operación y de la altura del cultivo sobre el comportamiento de la temperatura del aire en la etapa de secado del proceso de torrefacción de café colombiano (*Coffea arabica* L. Var. Castillo). Tesis Programa de Ingeniería de Alimentos, Departamento de Ingeniería. Universidad de Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 16p.
- Arcila Castillo, Jennifer Alejandra y Yépez Villarreal, Byron Daniel. 2012. Modelo matemático para el comportamiento térmico del aire durante el proceso de torrefacción de granos de café verde Colombiano (*Coffea arabica* L. var. Castillo), tesis de pregrado

- meritoria en Programa de Ingeniería de Alimentos, Semillero de Investigación en Tecnologías Alternativas de Procesamiento Agroindustrial. Universidad de Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 18p.
- James, R. 1982. Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa. Universidad Estatal de Oregón. Primera edición. Editorial Limusa. México D.F. 593-595, 829,855p.
- Robert, E. 1998. Operaciones de transferencia de masa. Segunda edición. Naucalpan de Juárez, edo. Mc GRAW-HILL. México D.F. 37-38,110-114p.
- Schenker, S., S. Handschin, B. Frey, R. Perren, and F. Escher. 2000. Pore Structure of Coffee Beans Affected by Roasting Conditions. *Journal of Food Science* 65(3):452-457.

Viabilidad de Bacterias Acido Lácticas en una Bebida de Quinoa durante el Almacenamiento

Viability of Lactic Acid Bacteria in a Quinoa Beverage during Storage

Fanny Ludeña¹; Melissa García²; Ritva Repo-Carrasco³; Carme Plumed-Ferrer⁴

- 1 Profesora Principal Departamento de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. fludena@lamolina.edu.pe
- 2 Ingeniera en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. mgarcia@lamolina.edu.pe
- 3 Profesora Principal. Departamento de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru. ritva@lamolina.edu.pe
- 4 Ph. D. Food Biotechnology, Institute of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland, PO Box 1627, FI-70211 Kuopio, Finland. Carme.plumed@uef.fi

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar la viabilidad de bacterias ácido lácticas en una bebida fermentada a base de quinoa, variedad Rosada de Huancayo (RH), de origen peruano, empleando cepas comerciales que se utilizan para la elaboración de yogur. Se evaluó: tiempo de fermentación, pH y supervivencia de las bacterias. Se usaron tres cultivos comerciales, uno por tratamiento y un control (sin cultivo). Finalizada la fermentación, las muestras se almacenaron en refrigeración (5-7°C) durante 28 días. Se hizo un recuento de las bacterias a las 24 horas, y cada 7 días durante 28 días. Se concluyó que los cultivos comerciales empleados fueron capaces de fermentar con éxito todas las muestras y de disminuir el pH hasta un valor entre 4,2 y 4,3. Los cultivos utilizados registraron recuentos superiores a 1×10^7 ufc/mL hasta los 28 días de almacenamiento. Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey indicó que el cultivo C (CC) presentó diferencias significativas con respecto al cultivo A (CA) y cultivo B (CB). No se observaron diferencias significativas entre el cultivo A y cultivo C.

Palabras clave: Fermentación, *Chenopodium quinoa*.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the viability of lactic acid bacteria in a fermented drink made from quinoa,

variety Rosada de Huancayo (RH), from Perú, using strains that are used commercially for the production of yoghurt. Tests evaluated: fermentation time, pH and survival of bacteria. Three commercial cultures were used, one for each treatment. One treatment was added as the control. After the fermentation, the samples were stored at 5-7 °C for 28 days. Bacteria were counted at 24 hours, and every 7 days for 28 days. It was concluded that the selected cultures were able to successfully ferment all samples and lower the pH to a value of about 4.2 to 4.3. The bacteria used survived over 10^7 CFU/mL, after 21 days of storage. Significant differences ($P < 0.05$) between treatments were obtained. Tukey's test indicated that the culture C (CC) shows significant differences about culture A (CA) and culture B (CB). No significant differences between culture A and C were observed.

Key words: Fermentation, *Chenopodium quinoa*.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un creciente interés de la población por mejorar su calidad de vida y su salud. Diversas investigaciones han demostrado que el logro de dicho bienestar proviene principalmente de una alimentación adecuada y una rutina

libre de excesos. La quinua es un grano andino considerado un alimento con alto valor nutricional debido a que presenta aminoácidos esenciales; ácidos grasos omega 3, 6 y 9; vitaminas, y minerales como el calcio y el hierro (Mujica y Jacobsen, 2006; Repo y Astuahuaman, 2011). Sin embargo, a pesar de todos sus aportes, la quinua ha sido poco industrializada, empleándose por lo general para preparados caseros. Aun cuando los productos fermentados asociados a productos lácteos (yogurt, leches fermentadas) son considerados saludables y funcionales (Olagnero *et al.*, 2007; Vitoria, 2011; Cáceres y Gotteland, 2010), su consumo se ve restringido debido a costumbres alimenticias (vegetarianos) y/o deficiencias fisiológicas (intolerantes a la lactosa). Hoy en día una alternativa la constituyen los productos fermentados a base de cereales (Coda *et al.*, 2012; Rizzello, 2010). La presente investigación busca determinar la viabilidad de las bacterias ácido lácticas de tres cultivos comerciales en una bebida fermentada elaborada a base de quinua. Durante el almacenamiento se realizó el recuento de microorganismos totales y se evaluó el pH del producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepas. Tres cultivos comerciales para yogur fueron usados en la elaboración de la bebida: cultivo A (CA): Yo-Mix™ 205 LYO 250 DCU (Danisco), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium lactis*; cultivo B (CB): LYOFAS SAB 4.42 A (Sacco), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*; y cultivo C (CC): F – DVS ABY-3 – Probiotic – Tec™ (CHR Hansen), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus LA -5TM* y *Bifidobacterium BB-12TM*.

Preparación del inóculo. Los tres cultivos liofilizados fueron rehidratados empleando un litro de leche previamente pasteurizada. Cada cultivo se adicionó a la bebida de quinua acondicionada a una temperatura de 40 °C.

Materia prima. Se empleó quinua variedad Rosada de Huancayo (RH), adquirida al Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima -Perú.

Elaboración de la bebida de quinua. La quinua, previamente desaponificada, fue secada a 60 °C por 8 horas, y luego fue molida empleando un molino de martillos (Mesh=80). La harina fue diluida con agua hasta alcanzar la concentración deseada. Se probaron concentraciones de 7%, 9 y 11.1% (p/p), evaluando la presencia de sinéresis. Se prepararon muestras

de 500 mL. La mezcla fue pasteurizada a 95°C por 10 minutos utilizando un baño maría. Después de enfriar las muestras, se inocularon las bacterias. La fermentación se realizó a 40°C por 8 horas tomando como referencia la metodología descrita por Coda *et al.* (2012) y Arenas *et al.* (2012).

Viabilidad de bacterias ácido lácticas. Se hizo un recuento en placa a las 24 horas, y cada 7 días durante 28 días. Se tomó 1 mL de muestra y se diluyó en 9 mL de caldo peptonado estéril, luego se homogenizó empleando un agitador tipo vórtex. A partir de esto se hicieron diluciones sucesivas en caldo peptonado, para luego aplicar la técnica de siembra en superficie en agar MRS a 37°C durante 48 horas.

Determinación de pH. La determinación de pH se hizo siguiendo la metodología de la AOAC (AOAC 981.12). Se empleó un potenciómetro marca Hanna. Las mediciones se hicieron a las 0 y 24 horas, y cada 7 días durante 28 días.

Análisis estadístico. En el diseño experimental se usó un DBCA para el cual se hizo un ANOVA. Los datos del análisis del recuento de microorganismos (ufc/mL) se hicieron por triplicado. Los resultados fueron analizados mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5%, a fin de establecer la diferencia entre los tratamientos. Se usó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboración de la bebida. Luego del secado, la humedad del grano de quinua fue 3,72%. El tamaño de la partícula al finalizar la molienda fue de 100 µm lo que permitió una buena gelatinización. Se eligió la muestra con una concentración de 11,1% (p/p) debido a que no presentó sinéresis. El tiempo final de la fermentación se estableció en función a alcanzar un pH entre 4,2 y 4,3, esto se logró luego de 8 horas de fermentación. Se elaboró una bebida para cada tratamiento, incluido el control.

Viabilidad de bacterias ácido lácticas. Los resultados de los recuentos de bacterias se muestran en la Fig. 1. Como se puede observar en todos los tratamientos se tuvieron recuentos mayores a 10⁷ ufc/mL durante el almacenamiento. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05). Luego de la prueba de Tukey (Tabla 1), se tuvo como resultado que no existen diferencias significativas entre las ufc/mL obtenidas con el cultivo A y el cultivo B, pero si hay diferencias significativas entre el cultivo C, con respecto a los otros dos cultivos. La bebida a la que se le adicionó el cultivo C, presentó un mayor número de ufc/mL a los 15 y 21 días de almacenamiento. En el control no se observó crecimiento microbiano.

Tabla. 1. Resultados de la Prueba de Tukey: Comparación entre tratamientos.

Tratamientos	Sign	Diff	LSD
CA-CB	ns	0,028893	0,083602
CA-CC	*	0,287382	0,083602
CB-CC	*	0,258489	0,083602

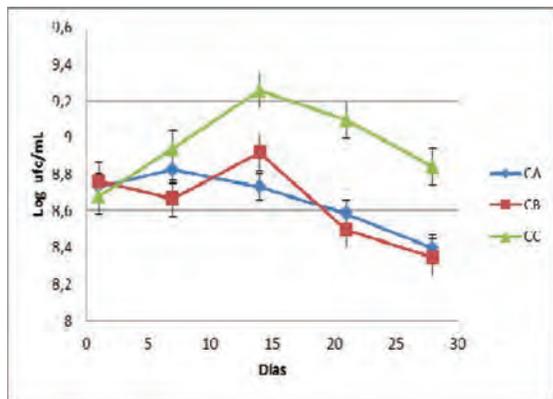


Figura 1. Viabilidad de bacterias ácido lácticas en la bebida de quinua durante el almacenamiento.

Control de pH durante la fermentación. El pH inicial de las bebidas estuvo entre 6 y 7, disminuyendo hasta 4.2 a 4.3 al finalizar la fermentación. Durante el almacenamiento el pH permaneció casi constante (Figura 2). Los cultivos comerciales empleados contienen bacterias probióticas, cuya supervivencia depende de muchos factores, entre ellos la acidez

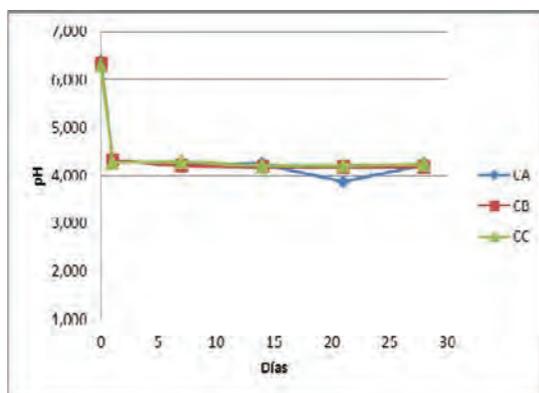


Figura. 2. Control de pH durante el almacenamiento.

CONCLUSIONES

Los cultivos seleccionados, Yo-Mix™ 205 LYO 250 DCU (Danisco), F – DVS ABY-3 – Probiotic –Tec™ (CHR Hansen) y LYOFASST SAB 4.42 A (Sacco), permanecieron viables en refrigeración (5-7 °C) por un tiempo de 28 días, logrando desarrollar el proceso de fermentación (pH = 4,2-4,3) en la bebida de quinua elaborada. Se tuvieron recuentos mayores a 10⁷ ufc/mL, en todos los tratamientos realizados, después de un almacenamiento de 28 días en refrigeración. El cultivo C (F – DVS ABY-3 – Probiotic – Tec™) presentó diferencias significativas en relación a los otros dos cultivos empleados. No se presentaron diferencias significativas entre el cultivo A y el cultivo B. Con respecto al pH del producto final, éste se mantuvo constante durante los 28 días de almacenamiento en refrigeración (5-7 °C), contribuyendo a la supervivencia de los microorganismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, C., R. Zapata y C. Gutiérrez. 2012. Evaluación de la Fermentación Láctica de leche con adición de quinua (*Chenopodium quinoa*) 19(1):S276-S278.
- Cáceres, P. y M. Gotteland. 2010. Alimentos probióticos en Chile: ¿Qué cepas y que propiedades saludables?. Revista chilena de nutrición 37(1): 97-109.
- Coda, R., C. Rizzello, A. Trani and M. Gobbetti. 2010. Manufacture and characterization of functional emmer beverages fermented by selected lactic acid bacteria. Food Microbiology 28(3): 526–536.
- Coda, R., A. Lanera, A. Trani, M. Gobetti and R. Di Cagno. 2012. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. International Journal of Food Microbiology 155(3): 120-127.
- Mujica, A. y S.E. Jacobsen. 2006. La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 449-457p.
- Olagnero, G., C. Genovois, V. Irei, J. Marcenado y S. Bendersky. 2007. Alimentos Funcionales: Conceptos, Definiciones y Marco Legal Global. DIAETA. Buenos Aires. 25(119): 31-39.
- Repo-Carrasco-Valencia, R. and L. Astuahuaman. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Ciencia e Tecnología de Alimentos 31(1): 225-230.
- Vitoria, I. 2011. Probióticos, prebióticos y simbióticos. Pediatría Integral 10(5): 446-455.

Determinación de Sólidos Solubles y Sedimentos Durante la Crioconcentración en Bloque de Extracto de Café

Determination of Solids and Sediments During Block Freeze Concentration of Coffee Extract

Fabián Leonardo Moreno^{1,2}; Ángela J. Hernández²; Yerson Moreno²; Yolanda Ruíz²

¹ Doctorado en Biociencias, Universidad de La Sabana, Campus Universitario del Puente del Común, Chía – Colombia. leonardo.moreno@unisabana.edu.co.

² Ingeniería de Producción Agroindustrial, Universidad de La Sabana, Campus Universitario del Puente del Común Chía – Colombia. ruth.ruiz@unisabana.edu.co.

Resumen. En el presente estudio se determinó el porcentaje de sedimentos de extracto de café a diferentes temperaturas y concentraciones de sólidos totales y su evolución durante la crioconcentración en bloque de extracto de café. Se encontró un aumento en el contenido de sedimentos a bajas temperaturas y altas concentraciones de sólidos. Los sedimentos se incrementaron en las últimas fracciones de descongelación durante la crioconcentración. La presencia de sedimentos en forma de gel en la fase final de crioconcentración puede influir en la eficiencia de la separación.

Palabras clave: Congelación, sólidos, café.

Abstract. In this study, the percentage of sediments in coffee extract at different temperatures and total solid contents and its evolution during block freeze-concentration coffee extract were determined. An increase in sediment content at low temperatures and high solids concentrations was found. The sediment content increased in the last thawing fractions during freeze concentration. The presence of sediments in gel form at the end of freeze concentration can influence the efficiency of the separation.

Key words: Freezing, solid, coffee.

INTRODUCCIÓN

El café es el alimento más vendido en el mundo (Esquivel and Jiménez, 2012). En el proceso de obtención de café liofilizado se utiliza la crioconcentración (CC) para eliminar parte del agua contenida en el extracto de café.

La CC en bloque es una operación de separación a bajas temperaturas que consiste en la congelación total de una solución acuosa y su posterior descongelación parcial para separar una fracción más concentrada que la solución original. Esta técnica ha sido estudiada por varios autores en diversos fluidos alimentarios (Nakagawa *et al.*, 2010; Moreno *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2013). El objetivo de la operación es incrementar el contenido de sólidos totales del café. Sin

embargo, durante el procesamiento es posible que la relación de sólidos totales y sedimentos cambie. La presencia de sedimentos puede ser un problema durante la operación por la disminución en la eficiencia de la separación y la afectación de la calidad del producto. Aún no se han reportado estudios sobre la evolución de sólidos solubles y sedimentos durante la CC de extracto de café. El objetivo del presente trabajo fue determinar el porcentaje de sedimentos (SD) respecto a los sólidos totales (ST) en soluciones de café a diferentes temperaturas y concentraciones de sólidos, en solución es de café sometidas a crioconcentración en bloque a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sedimentos y sólidos totales en soluciones de café. Se prepararon 36 soluciones de café de 50 g cada una a partir de café soluble comercial (Buendía, Colombia) y agua destilada en punto de ebullición a diferentes concentraciones (5, 15, 25 y 35% m/m). Posteriormente las muestras fueron almacenadas a diferentes temperaturas (20°C, 6°C y 2°C) durante 12 horas. Las muestras fueron preparadas por triplicado.

El contenido de sólidos totales (ST) expresado en porcentaje (m/m) fue determinado por el método pérdida de peso en estufa según norma técnica NTC 4602-2. Muestras de la solución de café fueron secadas en estufa a 103°C + 1°C hasta peso constante.

El contenido de sedimentos (SD) se realizó siguiendo la norma técnica NTC 4387. Las muestras de extracto de café se pesaron y se sometieron a filtración al vacío (Büchi B-169) con papel filtro de tamaño de poro 15µm. Posteriormente se determina el peso de sólidos por secado en estufa del papel filtro a 103 ± 1°C hasta peso constante. El contenido de sólidos solubles (SS) se obtuvo por diferencia con los ST.

Sedimentos y sólidos totales en extracto de café crioconcentrado. Extracto de café con 5% de sólidos fue

crioconcentrado mediante la técnica de bloque. El extracto fue congelado completamente en un recipiente cilíndrico de doble chaqueta provisto de dos baños termostáticos de acuerdo con el protocolo descrito por (Moreno *et al.*, 2014). Se evaluaron dos temperaturas de congelación y dos temperaturas de descongelación de acuerdo con la Tabla 1. Durante la descongelación se tomaron cinco muestras de igual fracción másica de descongelación (f) y se determinó el contenido de ST y SD de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 2.1.

Tabla 1. Ensayos de crioconcentración.

Test	T1	T2	T3	T4
T cong (°C)	-10	-10	-20	-20
T descong (°C)	20	40	20	40

Análisis de datos. Para los análisis de datos se realizaron pruebas ANOVA por medio del software SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sedimentos y sólidos totales en soluciones de café: En la Figura 1, se observa que la presencia de sedimentos en soluciones acuosas de café tiene una tendencia creciente respecto a la concentración de sólidos totales.

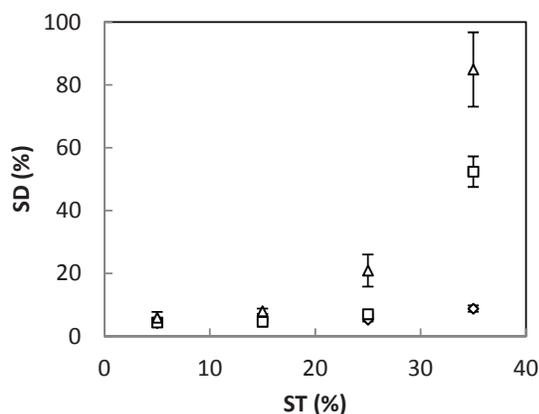


Figura 1. Porcentaje de sedimentos respecto a los sólidos totales en soluciones de café almacenadas a diferentes temperaturas. (Δ) 2°C; (□) 6°C; (◇) 20°C.

Se observó que en las soluciones de café con contenido de sólidos totales entre 5% y 25%, el porcentaje de sedimentos varió entre 5 y un 20%. No se encontraron diferencias significativas a $p < 0.05$ entre el contenido de sedimentos para estas soluciones de café. Por el contrario, la solución con 35% de sólidos de café, presentó valores de hasta 84% de sólidos insolubles. También se observó que a medida que disminuye la

temperatura aumenta el porcentaje de sedimentos, este efecto fue más notorio a altas concentraciones de las soluciones de café. Este resultado indica que a altas concentraciones sólidos totales, se está cerca a la saturación de la solución y que la influencia de la temperatura sobre la solubilidad ya es significativa.

Sedimentos y sólidos totales en extracto de café crioconcentrado. Los sólidos totales obtenidos en las cinco fracciones másicas de descongelación durante la crioconcentración en bloque de extracto de café son mostrados en la Figura 2.

Se observó que las primeras fracciones de descongelación tienen el mayor contenido de sólidos totales y disminuyen con el avance de la descongelación. La concentración en las primeras cuatro fracciones es superior a la concentración del extracto inicial. Esto sucede porque las últimas fracciones en congelarse son las primeras en descongelarse, con lo cual se evidencia la elución de solutos hacia el frente de congelación. Adicionalmente, a medida que se descongela el bloque de hielo, hay una migración de los sólidos aumentando su recuperación en las primeras fracciones (Moreno *et al.*, 2014).

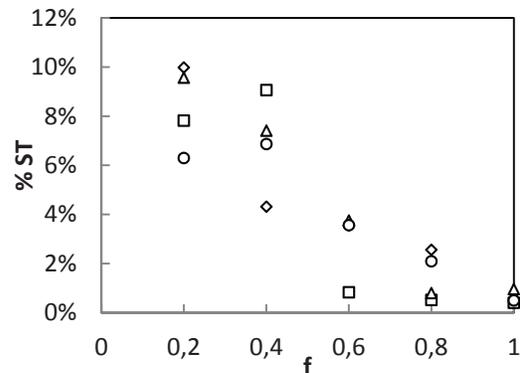


Figura 2. Porcentaje de sólidos totales en función de la fracción másica de descongelación (f) durante la crioconcentración en bloque de extracto de café. (Δ) T1; (□) T2; (◇) T3; (○) T4.

En la Figura 3, se muestra el porcentaje de sedimentos respecto a los ST en las mismas cinco fracciones de descongelación.

Se encontraron porcentajes bajos de sedimentos, entre el 15 y el 10% para las primeras fracciones de descongelación, similares a los mostrados en la Figura 1. Sin embargo en las últimas fracciones de descongelación, el porcentaje de sedimentos se incrementó notablemente. Esto muestra que hay una oclusión de sólidos selectiva durante la crioconcentración. Las últimas

fracciones presentaron mayor cantidad de sedimentos, con una consistencia de gel que puede ser atribuida al contenido de galactomananos del extracto de café que pueden formar geles y retener sólidos (Delgado *et al.*, 2008; Thaler, 1978). La presencia de criogeles es debida a los polisacáridos que dependen del tipo de café y su tosado (Navarini *et al.*, 1999). No se encontró una diferencia significativa entre el porcentaje de sedimentos a diferentes temperaturas de congelación o descongelación. La presencia de sedimentos constituye un tópico futuro de interés para la crioconcentración de extracto de café.

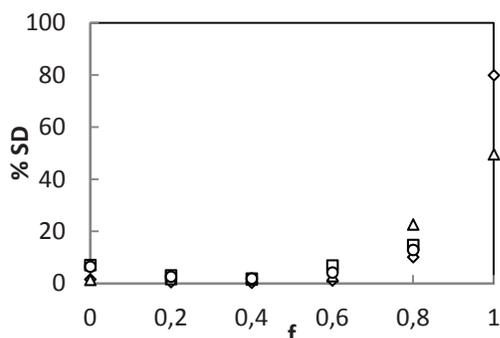


Figura 3. Porcentaje de sedimentos respecto a los sólidos totales en función de la fracción másica de descongelación (f) durante la crioconcentración en bloque de extracto de café. (Δ)T1; (□)T2; (◇)T3; (○)T4.

CONCLUSIONES

Se comprobó la influencia de la temperatura y el contenido de ST sobre la presencia de sedimentos en soluciones de café liofilizado. Se observó una oclusión selectiva de los sólidos durante la crioconcentración de café, quedando atrapados

en las primeras fracciones de congelación. La presencia de sedimentos en forma de gel puede influir en la eficiencia de la crioconcentración y constituyen un tópico de investigación de interés a futuro.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue financiado por la Universidad de La Sabana y Colciencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Delgado, P., J. Vignoli, M. Siika-aho and T. Franco. 2008. Sediments in coffee extracts: Composition and control by enzymatic hydrolysis. *Food Chemistry* 110(1): 168-176.
- Esquivel, P and V.M. Jiménez. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International* 46(2): 488-495.
- Moreno, F.L., M. Raventós, E. Hernández, and Y. Ruiz. B 2014. Block freeze-concentration of coffee extract: effect of freezing and thawing stages on solute recovery and bioactive compounds. *Journal of Food Engineering* 120: 158-166.
- Moreno, F.L., C.M. Robles, Z. Sarmiento, Y. Ruiz, and J.M. Pardo. 2013. Effect of separation and thawing mode on block freeze-concentration of coffee brews. *Food and Bioproducts Processing* 91(4): 396-402.
- Nakagawa, K., S. Maebashi and K. Maeda. 2010. Freeze-thawing as a path to concentrate aqueous solution. *Separation and Purification Technology* 73(3): 403-408.
- Navarini, L., R. Gilli, V. Gombar, A. Abatanangelo, M. Bosco and R. Toffanin.. 1999. Polysaccharides from hot water extracts of roasted *Coffea arabica* beans: isolation and characterization. *Carbohydrate polymers* 40(1): 71-78.
- Thaler, H. 1978. The chemistry of coffee extraction in relation to polysaccharides. *Food Chemistry* (4):13-22.

Efecto de los Ingredientes y la Temperatura en la Calidad de Barras de Mango Extruidas

Effect of Ingredients and Temperature in Quality Parameters of Extruded Mango Bars

Natalia Salgado; Eva Gisselle Vásquez; Carlos E. Orrego¹

¹ Instituto de Biotecnología y Agroindustria, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Campus la Nubia Km 4 Vía al Magdalena, AA 127, Manizales, Colombia. Para correspondencia. Tel.: +5768879300Ext55831; fax: +5768879400Ext55880. E-mail: corregoa@unal.edu.co

Resumen. Se evaluaron los efectos de la concentración porcentual de cuatro ingredientes (Glicerina, A, humedad de la fruta deshidratada, B, glucosa, D, y goma xantán, E) y la temperatura de extrusión, C, en los polifenoles totales, PT, dureza, H, y parámetros de color CieLab de una barra extruida de mango, usando un diseño experimental compuesto centrado. Se encontraron áreas óptimas de operatividad para

obtener extruidos que conserven al menos un 80 % de los PT del mango seco (450 a 509 mg AG/100g muestra), dureza entre (2,9 a 6.0) Kgf y luminancia L (50,0 a 59,9).

Palabras clave: Extrusión, *Mangifera indica*, metodología de superficie respuesta, optimización.

Abstract. The effect of concentration percent of four ingredient (Glycerin, A, moisture content of dried fruit, B, glucose, d, and xanthan gum, E) and the extrusion temperature, C, were evaluated on the total polyphenol content, PT, hardness, H, and Cielab color parameters of a mango extruded bar, by using a central composite experimental design. There were found optimal operational areas for extruded products production that preserved for at least 80% of the dehydrated mango PT (450 to 509 mg GA/100g of sample), hardness from 2.9 to 6.0 Kgf and a luminance, L from 50 to 59.9.

Key words: Extrusion, *Mangifera indica*, response surface methodology, optimization.

INTRODUCCIÓN

En la comunidad científica y médica se reconoce que hay una fuerte relación entre el consumo de frutas y vegetales y la reducción del riesgo de hipertensión, enfermedades cardiovasculares e infartos (Orrego *et al.*, 2014), lo que ha promovido la aparición de numerosos productos alimenticios de fácil consumo, que incluyen a las frutas como ingredientes principales o menores. Las barras de fruta, que hacen parte de estos productos, se pueden fabricar por diferentes tecnologías dentro de las que sobresale la extrusión. El objetivo de este trabajo fue relacionar la temperatura de extrusión y la formulación (% goma xantana, % glicerina y % humedad) con algunos parámetros de calidad (dureza, contenido total de polifenoles y color) de barras de mango de alta concentración en fruta mediante el uso de la metodología de superficie respuesta. Los polinomios superficiales permitieron establecer rangos de óptimos de operación de las variables de extrusión según un conjunto de propiedades de calidad deseadas para las barras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El mango deshidratado (2% de humedad, base húmeda) obtenido en Industrias Alimenticias la Gloria (Palestina, Caldas), se extruyó de acuerdo con las condiciones

establecidas en un diseño experimental compuesto centrado de 29 ensayos con 5 variables de entrada, cada una de tres niveles, y 3 variables de salida. El punto central se replicó 5 veces para calcular la reproducibilidad del método. Las variables de entrada fueron contenidos de glicerina-A- (0,0; 2,5; 5,0%) y de humedad-B-(8, 11, 14 %) en la materia prima, temperatura de extrusión-C- (50, 75, 100°C), contenidos de glucosa-D-(5, 10, 15%) y de goma xantana-E- (0; 1,5; 3,0%). Asimismo, las variables de respuesta fueron los polifenoles totales (PT: mg de AG/100 g de muestra), la dureza (H: Kgf) y tres parámetros de color (CieLab: L,a,b) de las barras. Se usó análisis múltiple de regresión en la predicción de los términos lineales, cuadráticos y de interacción de las variables independientes con la metodología de superficie respuesta. El análisis de variancia (ANOVA), la determinación de los coeficientes de regresión, y la generación de las gráficas tridimensionales se hizo mediante el *software* "Design Expert 8.0" (State Easy, EEUU). Las medidas de PT, H y parámetros de color L, a, b se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los coeficientes de regresión, después de la eliminación de las interacciones no significativas ($p > 0,05$), para cada variable independiente o respuesta en función de las variables de entrada, así como sus parámetros estadísticos.

Polifenoles totales. Los polifenoles de la materia prima (mango deshidratado, 13% humedad en base húmeda) fueron $556,3 \pm 22,0$ mg GA/100g de muestra). Se ha reportado que la variable que tiene mayor influencia en la preservación de antioxidantes en los extruidos es la temperatura de extrusión. Yagci y Gogus extruyeron barras con contenido de fruta del 5 a 7%, encontraron un aumento del contenido de compuestos fenólicos en las temperaturas más bajas de su diseño

Tabla 1. Regresiones múltiples de segundo orden obtenidas para cada una de las variables de respuesta después de la eliminación de las interacciones no significativas ($p > 0,05$).

Resp.	Modelo	R2	Valor p
PT	$761,84 - 66,70 * A + 23,27 * B - 12,67 * C + 28,90 * D - 238,15 * E + 0,63 * A * C + 11,98 * A * E - 2,95 * B * D + 3,76 * B * E + 1,23 * C * E + 0,07 * C^2$	0,90	0,0002
H	$9,16 - 2,73 * A + 3,07 * B + 0,02 * C - 3,313 * D + 2,68 * E - 0,18 * A * B + 0,02 * A * C + 0,30 * A * D - 0,03 * B * C - 0,33 * B * E + 0,03 * C * D + 0,28 * D * E - 0,68 * E^2$	0,91	0,0002
L	$6,79 + 2,69 * A + 12,82 * B - 0,69 * C + 1,08 * D + 17,86 * E - 0,04 * A * C - 0,04 * B * C - 0,06 * C * E - 0,52 * D * E - 0,58 * B^2 + 7,02 * X10 - 3 * C^2 - 2,42 * E^2$	0,93	<0,0001

experimental (Yağcı y Göğüş, 2009); White y colaboradores reportaron que la más baja temperatura de su diseño experimental fue donde mejor se conservaron las antocianinas en extruidos de semillas y cascarillas del arándano (White *et al.*, 2009). Estos resultados coinciden y corroboran los obtenidos en este trabajo. El contenido de goma xantan le da una mayor estabilidad a los compuestos fenólicos del mango a altas temperaturas, ya que es un material pared de alta eficiencia para encapsularlos y preservarlos (Rutz *et al.*, 2013). En la Figura 1 (a) se observa una de las superficies de respuesta

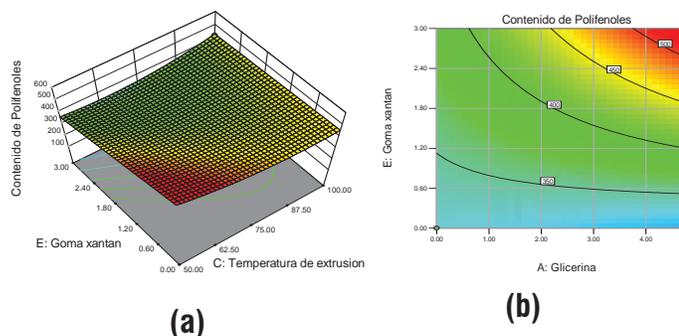


Figura 1. (a) Superficie de respuesta del contenido de polifenoles en función de la temperatura de extrusión y el contenido de goma xantán (A: 8%, B: 8%, D:15%) (b) Curvas de contorno del contenido de polifenoles en función de los contenidos de glicerina y de goma xantán (B: 14%, C:100°C, D:15%).

obtenidas y en la (b) las curvas de contorno de las condiciones óptimas para preservar el contenido de polifenoles. La glucosa usada en la formulación aumenta levemente los resultados de polifenoles, especialmente si la humedad final es baja. Se hicieron análisis similares para la dureza y el color en función de las variables de entrada.

Optimización. En estudios previos realizados por los autores que están en proceso de publicación, se encontró que más de 8,5 Kgf en dureza de barras de mango producidas por gelificación fueron rechazadas por panelistas no entrenados por ser "Muy duras". En el mismo trabajo, para valores de los parámetros CieLab $L < 38,6$, $a > 9,1$ y $b > 64,1$, el color empieza a ser un factor de rechazo. Usando el software Design Expert 8.0 se realizó una optimización gráfica para encontrar las condiciones de extrusión que preserven al menos el 80% del contenido de polifenoles totales del mango deshidratado, manteniendo la dureza y los parámetros de color CieLab dentro de los rangos de aceptabilidad mencionados. Los resultados se muestran en la Figura 4.

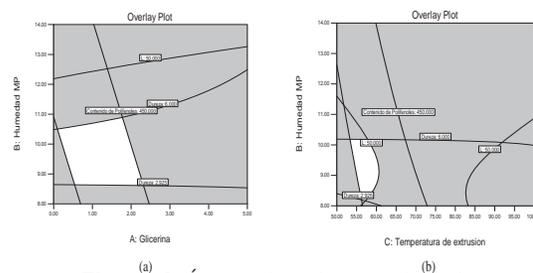


Figura 4. Área optima de operatividad. (a) C: 50°C, D: 10.8%, E: 0.14% (b) A: 0%, D: 10,4%, E: 0%. Con procedimiento similar se obtiene A: 0%, B: 8%, E: 0.22% (d) A: 0%, C: 58,1°C, E: 0%.

CONCLUSIONES

Al evaluar diferentes condiciones para obtener barras de mango extruidas con porcentajes de sólidos de fruta entre el 80 al 95%, variando la temperatura de extrusión y los contenidos de humedad, glicerina, glucosa y goma xantán, se encontraron áreas óptimas de operatividad para obtener barras de mango que conservaron como mínimo el 80 % de los polifenoles totales de la materia prima (450 a 509) mg/100g, con dureza entre 2,9 a 6,0 Kgf y luminosidad CieLab L(50 a 59,9), valores que se encuentren entre los rangos de aceptabilidad del consumidor.

BIBLIOGRAFIA

- Orrego, C.E., N. Salgado and C.A. Botero. 2014. Developments and Trends in Fruit Bar Production and Characterization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54 (1): 84-97.
- Rutz, J.K., R.C. Zambiasi, C.D. Borges, F.D. Krumreich, S.R. da Luz, N. Hartwig and C.G. da Rosa. 2013. Microencapsulation of purple Brazilian cherry juice in xanthan, tara gums and xanthan-tara hydrogel matrixes. *Carbohydrate Polymers* 98(2): 1256-1265.
- White, B. L., L.R Howard and R.L. Prior. 2009. Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace†. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(7): 4037-4042.
- Yağcı, S and F. Göğüş. 2009. Effect of incorporation of various food by-products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International* 15(6): 571-581.

Evaluación de las Propiedades Funcionales de la Harina de Yuca Waxy y HMC-1 en Panificación

Evaluation of the Functional Properties of Waxy Cassava Flour and HMC-1 Cassava Flour in Breadmaking

Maria A. Ospina¹; Jhon L. Moreno²; Teresa Sánchez³; Hernan Ceballos⁴; Nelson Morante⁵; Dominique Dufour⁶

1 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Colombia. maospinap@gmail.com

2 Ingeniero Agroindustrial, Asistente de investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia. j.l.moreno@cgiar.org

3 Química, Investigadora Asociada, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia. t.sanchez@cgiar.org

4 Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Mejoramiento Genético Vegetal. Líder Programa Mejoramiento de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia. h.ceballos@cgiar.org

5 Biólogo, Asistente de investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia. n.morante@cgiar.org

6 Ingeniero Bioindustrial, Ph.D, Bioquímica. Líder Poscosecha Programa Roots, Tubers and Bananas. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. (CIRAD), Francia. d.dufour@cgiar.org

*Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: maospinap@gmail.com

Resumen. Se estudió el comportamiento de la harina de yuca Waxy en panificación utilizando sustituciones del 10% y 30% en harina de trigo y se comparó con la harina de yuca común variedad HMC-1. Los resultados mostraron que la viscosidad para las harinas de trigo, yuca HMC1 y yuca Waxy fue 114,38 cP, 2.226.87cP y 2.096.78 cP, respectivamente. El análisis de alveografía clasificó la harina de yuca Waxy en sustitución del 10% como apta para panificación. En la caracterización física de la miga de pan, el aumento de la firmeza y el índice de pardeamiento fueron proporcionales al incremento en el porcentaje de sustitución de harina de yuca. El pan de trigo tuvo alvéolos de área 0,1417 cm² y el pan elaborado con harina de yuca tuvo alvéolos entre 0,1476 cm² - 0,1773 cm².

Palabras clave: Waxy, reología, textura, color, alvéolos.

Abstract. The behavior of Waxy cassava flour in breadmaking was studied using substitutions of 10% and 30% in wheat flour and it was compared with common cassava flour variety HMC1. The results showed that the viscosity of the wheat flour, HMC-1 cassava and Waxy cassava was 114.38cP, 2.226.87cP and 2.096.78 cP, respectively. Alveogram classified to cassava Waxy flour substitution 10% as suitable for breadmaking. In the physical characterization of the bread crumb, the increased firmness and browning index were proportional to the increase in the degree of substitution of cassava flour. The crumb Wheat bread had area alveolus of 0.1417cm² and cassava bread had between 0.1476cm²-0.1773cm².

Key words: Waxy, rheology, texture, color, alveolus.

INTRODUCCIÓN

El cereal más usado en el mundo como materia prima en la elaboración de productos de panificación es el trigo. La mayoría de países en desarrollo no logra satisfacer la demanda de trigo con su producción interna, por esta razón han surgido investigaciones en el desarrollo de productos de panificación que usen materiales sustitutos a la harina de trigo.

El cultivo de yuca es considerado de gran importancia para la seguridad alimentaria porque es una de las mayores fuentes de energía en la dieta del mundo. La yuca Waxy, libre de amilosa, fue descubierta por Ceballos *et al.*, 2007 y su harina puede ser considerada como una materia prima sustituta a la harina de trigo, libre de gluten útil en la elaboración de productos de panificación para las personas con celiaquía. El propósito de este trabajo fue estudiar el comportamiento de la harina de yuca Waxy en comparación con la harina de yuca común variedad HMC1 en panificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización reológica de la harinas se realizó mediante análisis de viscoamilograma según Sánchez *et al.*, 2010 y análisis de alveograma según método AACC 54-30A. Para la elaboración de los panes se utilizó una formulación estándar de: 500 gramos de harina de trigo industrial (composición: Trigo con Niacina (55mg/kg), Hierro (44mg/kg), Vitamina B1 y B2 (4mg/kg), Ácido fólico (1.54mg/kg) y como conservante ácido ascórbico), 300 ml de agua, 12 gramos de levadura fresca *Saccharomyces cerevisiae* y 10 gramos de sal de cocina.

El amasado se realizó por 20 minutos y el reposo a 35-38°C durante 2 horas. La cocción se realizó a 240°C por 15 minutos. Para el análisis físico de los panes se determinó el parámetro de color luminosidad (L) utilizando un colorímetro digital Konica Minolta CR-400, iluminante D65 y de un observador estándar de 2. El índice de pardeamiento (IP) se calculó para describir el cambio de color en la miga de pan después del horneado de acuerdo a Maskan, 2001 en donde el valor del índice de pardeamiento (Ecuacion.1) se encuentra en función de la ecuación 2 y esta a su vez está en función de la relación de los parámetros de color L, a*, b*.

$$IP = \frac{(100 \times (X - 0.31))}{0.17} \quad (1)$$

Dónde:

$$X = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645 \times L + a - 3.012 \times b)} \quad (2)$$

La textura de la miga de pan se evaluó mediante el método AACC 74-09 usando un Texturometro TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). El análisis de imágenes digitales se realizó utilizando un software ImageJ 1.32J, en donde se determinó área de alveolos promedio (cm²). El análisis sensorial se llevó a cabo con 20 evaluadores no entrenados quienes valoraron el color, sabor, textura, olor y

aceptación general mediante una escala de preferencia de 5 puntos. Las rebanadas de pan utilizadas en los análisis se almacenaron en empaque hermético a temperatura de 28°C y humedad relativa 60%. Los datos fueron analizados utilizando software SAS (Versión 9,1) mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA y test de Tukey (P < 0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del alveograma mostraron que la fuerza (J), tenacidad (mm) y elasticidad (mm) de la masa fue menor para la harina de yuca, por lo tanto según Canimolt, 2013 se clasificó la harina de yuca Waxy en sustitución del 10%, como apta para panificación y la harina de yuca HMC-1 en sustitución del 10% como apta para galletería. En el perfil viscoamilográfico, la temperatura de empastamiento fue menor para la harina de trigo 56,8°C y para la harina de yuca varió entre 71,35°C - 74,15°C para ambas variedades. La viscosidad para las harinas puras de: trigo, yuca HMC1 y yuca Waxy fue 114,38cP, 2.226.87cP y 2,096.78cP, respectivamente. El aumento en la viscosidad máxima fue directamente proporcional al aumento en el porcentaje de sustitución de harina de yuca utilizado (Tabla 1, Figuras 2 y 3).

Tabla 1. Resultados de las propiedades reológicas de las harinas y de los parámetros físicos del pan

Muestra	Fuerza (Julios)	Tenacidad (mm de H2O)	Elasticidad (mm)	Viscosidad máxima (cP)	Temperatura empastamiento (°C)	Luminosidad (L)	Textura (g)	Índice de pardeamiento (IP)
Trigo (Control)	396,84	114,4	95,60	114,38	56,8	92,65±4,45	339,44±17,57	82,17±1,74
Waxy (10%)	262,45	91,85	82,90	161,50	73,6	88,51±1,68	401,91±68,98	84,00±3,52
Waxy (30%)	49,37	55,55	25,56	405,04	74,4	77,09±2,45A	623,65±38,37	120,31±7,31
HMC-1 (10%)	159,70	69,85	65,80	332,91	73,2	88,16±2,34	609,05±48,82	91,08±7,32
HMC-1 (30%)	38,45	33,88	42,66	552,08	72,9	77,10±2,35A	891,75±68,54	109,37±21,92

* Los valores con letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa P < 0.05 entre ellos.

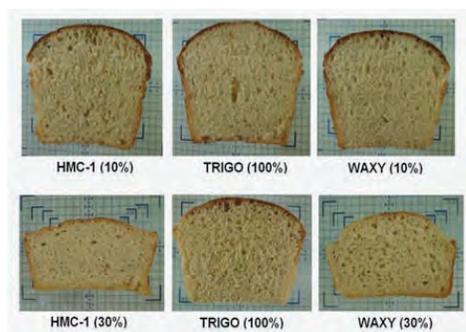


Figura 1. Comparación de la miga de pan elaborado con harina de yuca y harina de trigo.

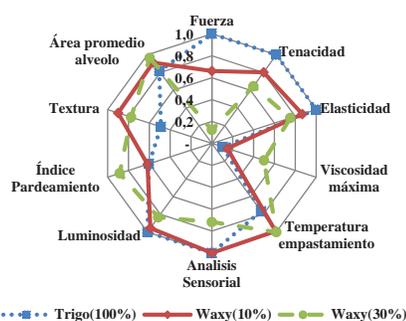


Figura 2. Gráfico radial normalizado de las propiedades reológicas y parámetros físicos de pan elaborado con harina de trigo y yuca Waxy.

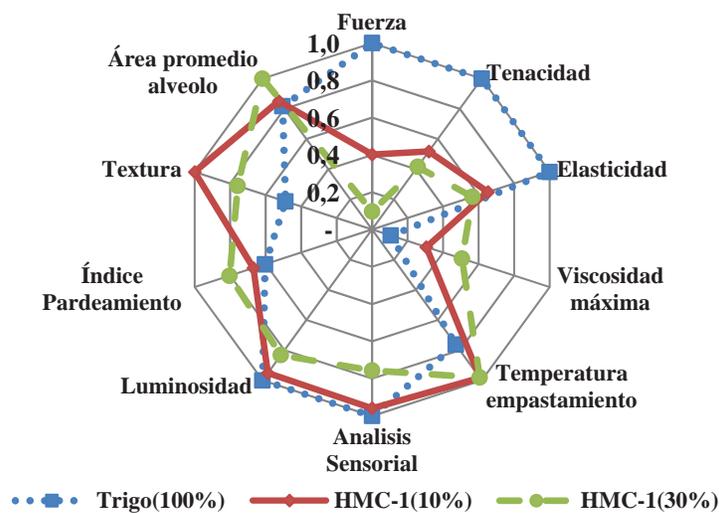


Figura 3. Gráfico radial normalizado de las propiedades reológicas y parámetros físicos de pan elaborado con harina de trigo y yuca HMC-1.

En cuanto a la caracterización física de la miga de pan, la textura y el índice de pardeamiento aumentaron al incrementarse el porcentaje de sustitución de harina de yuca, mientras que la luminosidad disminuyó. Esto puede ser explicado debido a que los panes con mayor porcentaje de harina de yuca pierden mayor cantidad de agua durante el horneado, en comparación con el pan elaborado con harina de trigo. Además, se debe tener en cuenta la influencia de la retrogradación del almidón y el tiempo de almacenamiento (Tabla 1, Figuras 1, 2 y 3).

En el análisis de imágenes, la miga de pan de trigo tuvo alvéolos de área 0,1417 cm² y los panes con sustitución del 10% de harina de yuca, presentaron alveolos de área 0,1476 cm² similar a la muestra control. Por lo contrario, la miga de los panes elaborados con sustitución del 30%, presentó alveolos de mayor área (0,1773 cm²). La mayor aceptación por parte del panel evaluador, la obtuvo los panes de harina de yuca Waxy en una sustitución del 10% (Figura 1, 2 y 3).

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que las sustituciones hasta del 10% de harina de yuca Waxy y HMC-1 son viables para obtener productos de panificación aceptables por los consumidores. Por lo tanto, el uso de harina de yuca podría ser favorable para el desarrollo de alimentos libres de gluten y desde el punto de vista técnico, es económicamente conveniente con el interés de disminuir las importaciones de trigo en la industria panificadora.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists. AACC, 1984. Alveograph Method for Soft and Hard Wheat Flour. In Approved Methods of the AACC (54-30A). St. Paul, MN, USA.
- American Association of Cereal Chemists. AACC, 2000. Bread firmness by universal testing machine. In Approved methods of the AACC (74-09). St. Paul, MN, USA.
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo de España (Canimolt). 2013. Clasificación de las harinas y su uso. <http://www.canimolt.org/harina/clasificacion-y-uso>. Consulta: Noviembre 11 de 2013.
- Ceballos, H., T. Sánchez, N. Morante, M. Fregene, D. Dufour, A. Smith, K. Denyer, J. Prez, F. Calle and C. Mestres. 2007. Discovery of an Amilose- free Starch Mutant in cassava (*Manihot esculenta Crantz*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55(18): 7469-7476.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering 48 (2): 169-175.
- Sánchez, T., D. Dufour, I.X. Moreno and H. Ceballos. 2010. Pasting and gel stability of waxy and normal starches from cassava, potato, maize, and rice under thermal, chemical and mechanical stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58(8): 5093-5099.

Aplicación de Agua Ozonizada como Técnica de Conservación del Café Pergamino Húmedo

Application of Ozonized Water as a Conservation Technique of Wet Parchment Coffee

Jenny P. Pabón Usaquén^{1*}; Aida E. Peñuela Martínez^{2*}

¹ Ingeniera Agrícola, candidata a Magister en Ingeniería de Alimentos. Asistente de Investigación Disciplina de Ingeniería Agrícola Cenicafé. Jenny.Pabon@cafedecolombia.com

² Ingeniera de Alimentos, Esp., M. Sc., Estudiante Doctorado en Biotecnología. Investigador científico I. Disciplina de Ingeniería Agrícola Cenicafé. AidaE.Penuela@cafedecolombia.com

*Asistente de Investigación e Investigador Científico, respectivamente, Disciplina de Ingeniería Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Código Postal: 170009. Jenny.Pabon@cafedecolombia.com, AidaE.Penuela@cafedecolombia.com.

Resumen. Se evaluó la aplicación de agua ozonizada con el objetivo de conservar la calidad e inocuidad durante el almacenamiento del café pergamino húmedo, para lo cual se definió un diseño experimental completamente aleatorizado 2x4+1, dos prácticas: aplicación de agua ozonizada y sin ozonizar, cuatro tiempos de almacenamiento (24, 48, 72 y 96 h) y un testigo (café lavado y secado inmediato). Los resultados mostraron que no existe efecto entre los tratamientos con el testigo, para ninguna variable de respuesta asociada a calidad y crecimiento microbiano, indicando que con la aplicación de agua ozonizada con una concentración de 0,2 mgO₃/L por 15 minutos se logró mantener la calidad del café durante el almacenamiento.

Palabras clave: Ozono, calidad, vida útil.

Abstract. The application of ozonized water was evaluated in order to preserve the quality and safety during storage of wet parchment coffee. A completely randomized experimental design 2x4+1, with two treatments: application of ozonized and tap water, four storage times and a control (wet coffee and drying). The results showed there is not effect between the treatments with control for any response variable associated with quality and microbial growth, indicating that the application of ozonized water with a concentration of 0.2 mg O₃/L for 15 minutes was maintained coffee quality during storage.

Key words: Ozone, quality, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La calidad del café es el criterio fundamental en la comercialización y depende de la interacción de varios factores, entre ellos el proceso de beneficio. En Colombia este se realiza por vía húmeda, en el cual después de varias etapas se obtiene café pergamino seco con una humedad final entre el 10% y el 12%, estado en el cual se realiza la comercialización interna. Sin embargo en los últimos años se ha venido incrementado la

venta del café lavado (Oliveros *et al.*, 2009) con una humedad del grano del 52% (Montilla *et al.*, 2008), humedad propicia para afectar la calidad y el crecimiento microbiano. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de agua ozonizada como técnica de conservación de café pergamino húmedo, la cual ha sido utilizada con éxito en diferentes productos agrícolas (Dhillon *et al.*, 2009) determinando su efecto sobre la calidad y carga microbiana durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó café variedad Castillo® y el proceso de beneficio se realizó en el beneficiadero de Cenicafé, ubicado en Chinchiná, Caldas. Las pruebas de almacenamiento se realizaron en un cuarto a una temperatura de 20±2°C y humedad relativa de 80±3%. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado 2x4+1, con dos factores, cuatro niveles (Tabla 1) y un testigo (café lavado y secado inmediato). Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento y en aquellos con agua ozonizada se utilizó una concentración de ozono de 0,2 mg/L por un tiempo de aplicación de 15 min.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Práctica	Tiempo almacenamiento (h)	Tratamiento	Práctica	Tiempo almacenamiento (h)
1	Agua Ozonizada	24	5	Agua sin ozonizar	24
2		48	6		48
3		72	7		72
4		96	8		96

Calidad. Las muestras de café pergamino seco, se enviaron al Laboratorio de Calidad del Comité Departamental de Cafeteros

de Caldas. Se consideró como variables de respuesta el porcentaje de almendra sana, el porcentaje de taza limpia y el puntaje total obtenido, basándose en la escala de la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA, por sus siglas en inglés).

Carga microbiana. Se cuantificaron las UFC/g de coliformes totales, aerobios mesófilos y mohos y levaduras, según los métodos oficiales del 2002: AOAC 991.14, 990.12 y 997.02, respectivamente.

Análisis de la Información. Se realizó un ANAVA al 5% de significancia con cada una de las variables de respuesta usando el software Statgraphics® versión 5,1 y la prueba de Diferencia Mínima Significativa con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del Café. El mayor valor de porcentaje de almendra sana se obtuvo en el tratamiento 1 (79,80%) y el menor (63,96%) en el tratamiento 7. Se tuvo una proporción del 62,5% con un puntaje mayor a 75% en esta variable, mayor al 14,7% reportado para muestras de café pergamino húmedo obtenido en diferentes puntos de compra (Peñuela y Oliveros, 2013), lo que indica que es necesario aplicar técnicas de conservación para mantener la calidad física del café. Además, la apariencia y el olor del café pergamino húmedo durante el almacenamiento, es mejor cuando se aplica la técnica de agua ozonizada, debido a las propiedades desodorizantes que tiene el ozono (Beltran *et al.*, 2005). De los tratamientos 1, 2, 3 y 4, en el 4 no se obtuvo el 100% de taza limpia, se presentó el defecto terroso que es asociado a inadecuadas condiciones de almacenamiento y demoras en el inicio del proceso de secado (FNC, 2004), lo que indica que la aplicación de agua ozonizada conserva la calidad del café húmedo hasta el tratamiento anterior, 72h. A diferencia, de los tratamientos 5, 6, 7 y 8 que presentaron diferentes defectos en taza como terroso, inmaduro y fenol. Además, el ANAVA indicó que no hay diferencias significativas entre el puntaje total obtenido en el testigo y el tratamiento 4.

Carga microbiana: Para las UFC/g de los coliformes totales y aerobios mesófilos el ANAVA no presentó diferencias significativas entre el testigo con los tratamientos 1, 2, 3 y 4, lo que muestra que la aplicación de agua ozonizada controla el crecimiento de este tipo de microorganismos sobre el café pergamino húmedo hasta por 96 horas de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

La aplicación de agua ozonizada en una concentración de ozono en el agua de 0,2 mg/L y un tiempo de aplicación de 15 minutos, es efectiva para mantener la calidad y controlar el crecimiento microbiano del café pergamino húmedo almacenado hasta por cuatro días.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Cenicafé y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias por la cofinanciación del proyecto. A la Dra. Carmen Dussan por su asesoría estadística, y a la Ing. Valentina Osorio por la realización de las pruebas físicas y sensoriales del café.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltran, D., M. Selma, A. Marin and M. Gil. 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(14): 5654-5663.
- Dhillon, B., D. Wiesenborn, C. Wolf-Hall and F. Manthey. 2009. Development and evaluation of an ozonated water system for antimicrobial treatment of durum wheat. *Journal of Food Science* 74(7): E396-E403.
- FNC. 2004. La calidad del café: Federación Nacional de Cafeteros, FNC. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. 10 p.
- Montilla, J., J. Arcila, M. Aristizabal, E. Montoya, G.I. Puerta, C. Oliveros y G. Cadena. 2008. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé* 59(2): 120-142.
- Oliveros, C., A. Peñuela, J.R. Sanz and C. Ramírez. 2009. Primer Encuentro Nacional de Comercialización de Café Húmedo, Cenicafé. 31 p.
- Peñuela, A., y C. Oliveros. 2013. Evaluación de técnicas de conservación del café húmedo. Primer Informe, Cenicafé. 70.

Evaluación Físico-Química de los Clones de Cacao (*Theobroma cacao*) CCN51, EET96, ICS1, ICS60, Cultivados y Beneficiados en Yalí-Antioquia

Physicochemical Evaluation of Cacao Clones (*Theobroma cacao*) CCN51, EET96, ICS1, ICS60, Grown and Harvested in Yali, Antioquia

Lina María Cardona Velásquez¹, Edith M. Cadena Chamorro²

¹ Ingeniera Biológica. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Facultad de Ciencias. Calle 59A N.63-20, Medellín - Colombia. <lmcardonav@unal.edu.co>.

² Profesora Asociada. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento Ingeniería Agrícola y Alimentos. Calle 59A N.63-20, Medellín-Colombia. <emcadenac@unal.edu.co>

Resumen: El cacao como materia prima en la industria de chocolates y confitería debe cumplir con varias propiedades físicas, químicas y organolépticas para obtener una aceptación final del producto. Estas características se pueden vincular al tipo de clon, cultivo y actividades pos-cosecha. El cacao crudo se caracteriza por un sabor desagradable, por consiguiente en su transformación la fermentación y el secado son etapas de gran importancia que definen la calidad del grano. En esta investigación, los clones de cacao CCN51, EET96, ICS1 y ICS60 producidos en la finca Macondo en el municipio de Yalí – Antioquia fueron evaluados con el objetivo de analizar las características diferenciales de cada clon en términos de rendimientos y propiedades físico-químicas. En los resultados, el clon ICS60 mostró los mejores rendimientos con un índice de mazorca de 10,1 y un índice de grano de 2,06. El pH y la acidez titulable no presentó variación significativa en los cuatro tipos de clones, sin embargo el incremento de la acidez posterior a la fermentación fue notaria.

Palabras clave: cacao, proceso de beneficio, características físico-químicas.

Abstract: Cacao beans as raw material for chocolate industry must satisfy with several physical, chemical and organoleptic properties to produce a high quality product. Cocoa cultivar and the farming practices have an effect on final product. The raw cacao bean has a bitter taste / disagreeable flavor, thus the agro-industrial process like fermentation and drying are important steps that define the bean quality. In this research, the clones CCN51, EET96, ICS1 and ICS60 from Macondo farm located in Yalí – Antioquia were evaluated in order to obtain the different characteristics of each clone in terms of yields and physicochemical properties. The clone ICS60 shows the best yield with a pod index of 10.1 and bean index 2.06. The results of pH and acidity were not significantly different from one another, however increasing acidity after fermentation is notary.

Key words: AgroindustriWal process of cocoa, physicochemical characteristics.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2012, la producción del cacao en Colombia ha presentado incrementos en el volumen de cosecha. En el 2014 se esperan cosechas superiores a 50.000 ton (Campo y Herrera, 2012). La proyección para el sector es abrir nuevos mercados y convertir al país en un actor importante del mercado internacional. Además de asegurar una producción, es fundamental, la obtención de alta calidad referida a un grano de cacao fino o aromático diferenciado por sus propiedades organolépticas (Amores, 2006). El cacao puede ser clasificado según su linaje genético, existen tres tipos de cacao comercial: criollo, trinitario y forastero (INIAP, 2006). Entre los principales parámetros que influyen en la elección de un tipo de cacao por parte de los productores se encuentran aspectos físicos, tales como el rendimiento en baba de la mazorca, índice de mazorca y rendimiento en grano, ya que estos son determinantes en la rentabilidad de un cultivo de cacao. Mientras que la industria del chocolate basa su preferencia en el tipo de cacao de acuerdo al tamaño de la almendra, porcentaje de cascarilla, pH del grano, humedad final, acidez, índice de fermentación y propiedades organolépticas, algunos de estos parámetros se encuentran reglamentados por la Norma NTC 1252. En este trabajo, se realizó un análisis físico-químico con el fin de determinar aquellas características que diferencian al cacao de tipo ecuatoriano y trinitario. La evaluación físico-química de los clones se llevó a cabo durante tres etapas del proceso de beneficio: en mazorcas, y grano fresco, fermentado y seco.

MATERIALES Y METODOS

Localización: finca Macondo adscrita a FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros), ubicada en la vereda San Mauricio, municipio de Yalí – Antioquia. Las mazorcas fueron

cosechadas de manera aleatoria (suficiente para obtener 10 kg de grano con mucilago) al presentar un grado de madurez óptimo, generalmente la inspección es cualitativa por cambios en la pigmentación de la mazorca.

Las mazorcas correspondientes a los clones de origen ecuatoriano y trinitario, fueron caracterizadas en términos de color, peso, rendimiento en baba, y humedad (AOAC 931.04). Los análisis físicos y químicos en la almendra y mucilago incluyen °Brix, acidez titulable (Arnijos, 2002) y pH (AOAC 2970.21).

Proceso de Beneficio: se inicia con la apertura de la mazorca por método tradicional (corte longitudinal). El tiempo máximo para iniciar la fermentación desde la extracción de las almendras corresponde a 6 horas. La fermentación tiene una duración total de 6 días, la fase anaerobia se realizó en 48 horas, en la etapa posterior se aplicó frecuencias de volteo de 24 horas para generar una fermentación aerobia. El beneficio finaliza con un secado solar durante 6 días. En el grano de cacao fermentado y secado se determinó el rendimiento del grano, índice de grano (Batista, 2009), índice de fermentación (NTC 1252), pH, acidez titulable y °Brix (refractometría).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las plantaciones de la finca Macondo, se destacan clones de origen ecuatoriano CCN51 y EET96; y clones de origen trinitario ICS1 y ICS60. La siembra de éstos clones se hace empleando un vivero con semillas certificadas por FEDECACAO, posteriormente se realiza injertos para el establecimiento del cultivo. Existe una sombra transitoria con plantaciones de plátano para proteger las plantas jóvenes de cacao; el conjunto de prácticas agrícolas observadas en la finca durante el cultivo garantizan alta productividad e inducen a obtener un grano de cacao fermentado y seco con características físicas, químicas y organolépticas determinantes en la aceptación final del producto. Las principales características físicas de la mazorca y del grano cacao, son aquellas que intervienen en los rendimientos para la producción agrícola. Comparando los clones estudiados, el ICS60 presenta un mayor porcentaje de baba con un 28%, seguido del ICS1, CCN51, EET96 con un 24%, 20% y 19%, respectivamente (Tabla 1).

El índice de mazorca (IM), es el parámetro que indica cuántas mazorcas se necesitan para obtener un kilogramo de cacao fermentado y seco. Para que un cultivo de cacao sea rentable,

Tabla 1. Características físico-químicas de las mazorcas de cacao

Origen Ecuador		CCN 51 Ecuador	EET 96 Trinidad	ICS 60 Trinidad	ICS 1
Pedigrí		ICS 95 x IMC 67	Nacional x desconocido	Híbrido de trinitario x criollo	Híbrido trinitario
Peso de la mazorca (g)		995 ± 53	879 ± 31	862 ± 31	947 ± 40
Rendimiento en baba, %		20 ± 3.0	19 ± 2.2	28 ± 3.4 ^w	24 ± 2.8
Índice de grano		1.68 ± 0.04	1.51 ± 0.04	2.06 ± 0.04	1.57 ± 0.04
Índice de mazorca		13.38 ± 0.8	14.72 ± 1.0	10.1 ± 0.96	13.41 ± 0.93
Cascarilla, %		15.36 ± 0.53	12.81 ± 0.84	12.39 ± 0.18	11.43 ± 0.65
°Brix del mucilago		14.8 ± 0.2	15.5 ± 0.2	18.2 ± 0.2	16.9 ± 0.2
Acidez titulable, Ácido acético %	cotiledón	0.26 ± 0.04	0.22 ± 0.04	0.32 ± 0.04	0.20 ± 0.04
	grano fermentado y seco	1.40 ± 0.04	1.12 ± 0.04	1.52 ± 0.04	1.32 ± 0.04
Humedad, %	cotiledón	84.06	86.76	82.58	83.51
	grano fermentado y seco	7.85	7.81	5.93	8.56
pH	grano fermentado y seco	5.04	5.29	5.13	5.08

el IM debe ser inferior a 20. En los resultados de la Tabla 1, se observa para la finca Macondo un IM <15, el ICS 60 presenta un menor IM con 10,1 y el clon EET96 un IM equivalente a 14,72. El promedio del IM de los clones de origen ecuatoriano es mayor que el promedio de los clones de origen trinitario. El peso promedio del grano de cacao fermentado y seco (índice de grano) y el porcentaje de cascarilla que están directamente relacionados con el valor comercial del grano cumplen con la normatividad Colombiana que exige un peso por grano mayor a 1,2g (NTC 1252, 2003). En las propiedades químicas como el contenido de grasa y proteína, los clones estudiados no reportan diferencias significativas, durante la fermentación se destaca el incremento del contenido de ácido acético en el grano, resultado que concuerda con los subproductos generados durante el proceso fermentativo.

CONCLUSIONES

Los clones de cacao CCN51, EET96, ICS60 y ICS1, presentan buenos rendimientos de cultivo, estos se encuentran aprobados para ser cultivados en diferentes regiones agroecológicas del país. Cumplen con los requerimientos del índice de mazorca, rendimiento en baba e índice de grano; se destaca el clon ICS60 de origen trinitario por mantener mejores rendimientos, y el clon ICS1 por presentar el menor porcentaje de cascarilla. El proceso de beneficio requiere mayor investigación en las variables operacionales para determinar su efecto en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del grano de cacao fermentado y seco.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del Proyecto 18014 a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Programa Nacional de Semilleros de Investigación. Creación e Innovación de la Universidad Nacional de Colombia 2013-2015. Mod 3. Al Ingeniero Gustavo Córdoba por la disponibilidad y acceso a la finca Macando en Yalí – Antioquia.

BIBLIOGRAFIA

- Amores. F. (2006). Influencia del tiempo de fermentación y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate en almendras de cacao de la variedad nacional. 15th International Cocoa Research Conference. San José.
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis. In A. INTERNATIONAL 17th ed.
- Arnijos. A. (2002). Características de acidez como parámetro de calidad en muestras de cacao (theobroma cacao) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Batista. L. (2009). Guía Técnica: El Cultivo del Cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal - Santo Domingo (CEDAF).
- Campo Robledo J. y J.P. Herrera. (2012). Estudio sobre el Sector Cacaotero. Superintendencia de Industria y Comercio 3(1): 50 p.
- INIAP. (2006). Proyecto para establecer parámetros físicos, químicos y organolépticos que permitan diferenciar entre cacao fino y ordinario. Guayaquil.
- NTC 1252 (2003). Norma Técnica Colombiana. Clasificación del cacao en grano destinado a la industrialización para consumo humano.

Optimización del Proceso de Extracción de Almidón de Yuca en la Zona Norte del Cauca

Optimization of Extraction Process of Cassava Starch in Cauca North

Gonzalo Mauricio Jaramillo H¹; José Luis Hoyos Concha²; Gustavo Adolfo Vélez H³; Cindy Lemos Materón⁴; Gloria Liliana Rojas⁵; Héctor Samuel Villada C⁶.

¹ Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. gmjaramillo@unicauca.edu.co

² Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. Universidad del Cauca. jlhoyos@unicauca.edu.co

³ Ingeniero Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. gustavel777@yahoo.com

⁵ Ingeniera Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca. liliana.rojas25@hotmail.com

⁶ Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. Universidad del Cauca. villada@unicauca.edu.co

Resumen. La innovación tecnológica logra generar procesos tecnificados acorde a las necesidades actuales de las cadenas productivas en áreas del desarrollo económico y social. En el presente proyecto se realizó la implementación de la operación de centrifugado por medio de tres separadoras centrífugas, con capacidad de 1.500 a 2.000 kg/h; canasta cónica con

un ángulo de 30° y 34°. El proceso de optimización aumentó en 4,3% la cantidad de almidón al final del proceso, con una reducción de 7.300 L en el consumo de agua por tonelada, aumentando el rendimiento de extracción de almidón en 44,6 kg b.s. y una recuperación actual por tonelada de raíz de \$142.720.

Palabras clave: Separadoras centrífugas, extracción, yuca.

Abstract. Technological innovation achieves to generate a technician process according to the present needs of the productive chain in areas of economic and social development. With this project the implementation of the centrifuge operation by three centrifugal separators with capacity of 1.500 to 2.000 kg/h, crate conical with an angle of 30° to 34° was performed. The optimization process increased in 4,3% the extraction of yield starch at the end of the process, with a reduction of 7.300 L of water consumption per ton, increasing the performance of extraction in 44,5 kg b.s. and a recovery per ton of cassava of \$142.720.

Key words: Centrifugal separators, extraction, cassava.

INTRODUCCIÓN

El Departamento del Cauca es el principal productor de almidón de yuca en Colombia donde se concentran aproximadamente 210 agroindustrias (Fernández *et al.*, 2008). Las investigaciones realizadas han establecido alternativas de mejoramiento para optimizar este proceso que es poco tecnificado. La mayoría de productores usan el sistema de producción artesanal, procesando 3 a 5 ton de raíz/día. Otros poseen sistemas semi-mecanizados de hasta 10 ton/día. Suplir adecuadamente esta demanda de almidón requiere de procesos con altos rendimientos y bajas pérdidas. Por lo tanto, se evaluó la implementación de centrifugas como sustitutas de la etapa de colado para disminuir el consumo de agua y las pérdidas de almidón en el afrecho, minimizando el impacto ambiental y los costos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Raíz de yuca fresca (*Manihot esculenta Crantz*), variedad MCol 1522, procesada por la comercializadora Deriyuca Ltda, para la obtención de almidón.

Consumo de agua y balance de masa del proceso de extracción actual. La sumatoria de los consumos de agua de cada operación (L/min), corresponde al volumen total de agua empleada en el proceso. La cantidad de productos y subproductos, se establecieron a partir de un lote de 1000 kg de yuca fresca.

Construcción e instalación de centrifugas. Con base en la centrifuga existente, se determinaron los componentes de las nuevas separadoras centrifugas; cubierta (mm), malla

(μm), canasta cónica, tapa (mm), motor (HP), bombas (HP), capacidad (kg/h), ángulo de diseño (grados); con el objeto de mejorar la operación de extracción de almidón.

Consumo de agua y balance de masa del proceso de extracción con separadoras centrifugas. El consumo de agua se calculó por diferencia de nivel con respecto al área del tanque principal de almacenamiento. La cantidad en peso de la yuca fresca correspondió a 1.000 kg/lote. Se tomaron las mediciones correspondientes durante el proceso siendo el material de entrada yuca y agua y de salida agua, almidón, cascarilla y mancha (subproducto que contiene alto nivel de proteína y almidón de baja densidad).

Determinación cuantitativa de almidón en el afrecho a partir de hidrólisis enzimática. Para el proceso de hidrólisis enzimática, se tuvo en cuenta la metodología descrita por Kunamneni and Singh, 2005. El método fue aplicado para cuantificar almidón en el afrecho, después del proceso tradicional y optimizado. Las enzimas utilizadas fueron BAN 480 con actividad α -amilasa y DEXTROZYME GA. Se midió los azúcares reductores en términos de glucosa por el método del ácido Dinitrosalísico (DNS).

Diseño experimental. Se aplicó un diseño experimental 2² (nivel de significancia del 95%) para la optimización de las separadoras centrifugas, con dos niveles y dos factores; determinando la influencia del flujo de agua (1:2 y 1:3) y la velocidad de rotación del motor (675 y 600 rpm), sobre la cantidad (kg) de almidón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de agua y balance de masa del proceso de extracción actual. En la operación de lavado se requirió 3.500 L, en el proceso de rayado 1.000 L y en el proceso de colado 10.500 L: para un consumo total de 15.000 L. De 1.000 kg de yuca fresca inicial, el 3,2% corresponde a cascarilla e impurezas, el 68,2 % es afrecho y 0,36 % corresponde a mancha. El contenido de almidón, obtenido al final del proceso fue de 222,4 kg, es decir 22,2% de rendimiento.

Construcción e instalación de centrifugas. Las centrifugas presentaron las siguientes características: capacidad de 1.500 a 2.000 kg/h; canasta cónica con un ángulo 30 y 34°: esto permite que el afrecho se deslice por la fuerza centrífuga y sea descargado en la parte inferior de la canasta; cubierta de acero inoxidable de 590 mm de largo y diámetro 720 mm; malla de 150 μm ; tapa de acero inoxidable de diámetro 720 mm y profundidad 100 mm; motor trifásico de 5 HP; y bombas de 2 HP.



Figura 1. Vista isométrica de la separadora centrífuga.

Consumo de agua y balance de masa con separadoras centrífugas. El proceso de extracción de almidón a partir de separadoras centrífugas tuvo el siguiente consumo de agua por ton; en el lavado 2.235 L, rallado 230 L y centrifugado 3.200 L, para un total de 5.700 L, 9.300 L por debajo del consumo en el proceso de extracción de almidón tradicional. Con la incursión de los equipos, se obtuvo un rendimiento de 26,7 %, recuperando 44,6 kg de almidón en b.s. El costo de kg de almidón comercial corresponde en promedio a \$3.200 pesos, esto significa una recuperación de \$142.720 por ton.

Determinación cuantitativa de almidón. La muestra de afrecho después del proceso de extracción con separadoras centrífugas, presentó una disminución de 9,69% b.s. de almidón, generando un impacto en los costos totales de la empresa.

Diseño experimental. El análisis de varianza, reportó que las variables evaluadas para la optimización de las separadoras centrífugas, estadísticamente no tuvieron

diferencias significativas sobre la cantidad de almidón extraído, estableciendo un flujo de agua 1:2 y velocidad de rotación de 600 rpm.

CONCLUSIONES

El rendimiento del proceso de extracción de almidón con el método tradicional fue de 22,4 %, en comparación con el determinado en las separadoras centrífugas de 26,7 %, lo que supone una recuperación de \$ 142.720/ton. El consumo promedio de agua para procesar 1000 kg de raíz de yuca es de 15.000 L; el proceso de colado consume alrededor de 10.500L, correspondiente al 70% del consumo total. Con el proceso de centrifugación se reduce el consumo en la etapa de extracción, en 7.300 L de agua/ton.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca y Corporación Red Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario – CENIREC por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, A., N. Zakhia, R. Ruiz y J. Trujillo. 2008. Desarrollo de un método sencillo para medir la calidad del almidón agrio de yuca. Impacto del método sobre la agroindustria rural en el Departamento del Cauca (Colombia). En CIAT, http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_23-3/15-23.pdf. 7 p.; Consulta: Septiembre 2013.
- Kunamneni, A. and S. Singh. 2005. Response surface optimization of enzymatic hydrolysis of maize starch for higher glucose production. *Biochemical Engineering Journal* 27 (2): 179-190.

Estabilización de Zumo de Naranja Valencia (*Citrus sinensis*) con Goma Xantan y Carboximetilcelulosa

Stabilization Valencia Orange Juice (*Citrus sinensis*) with Xanthan Gum and Carboxymethylcellulose

Lucas Aguirre, Juan Carlos¹, Reyes Pineda, Henry² y Quintero Castaño, Víctor Dumar Quintero²

¹ Programa de Ingeniería de alimentos Universidad del Quindío.

² Programa de Maestría en Química, Laboratorio de Diseño de nuevos productos Universidad del Quindío. victordumar@uniquindio.edu.co

Resumen. El jugo de naranja es el principal líquido consumido en el mundo después del agua, tiene la particularidad de tener un gran número de nutrientes como fibra, vitaminas, carotenoides, azúcares, entre otros. El problema radica en la insolubilidad de muchos de estos componentes, formando un coloide. El objetivo principal de este trabajo fue el de estabilizar un Zumo de naranja adicionando goma xantan y carboximetilcelulosa. Se realizó un screening con 3 concentraciones de goma y 2 tipos de goma. Los resultados mostraron mejores resultados cuando se adicionaron en mezcla 0,2g/100 mL para goma xantan y 0,45g/100 mL para Carboximetilcelulosa.

Palabras clave: Estabilizantes, gomas, coloides.

Abstract. Orange juice is the main liquid consumed in the world after water; it has the characteristic of having a large number of nutrients like fiber, vitamins, carotenoids, sugars, among others. The problem is the insolubility of many of these components that forms colloid. The main objective of this paper was to stabilize an orange juice by adding xanthan gum and carboxymethylcellulose. A screening with three gum concentrations and two types of gum was realized. The results showed better results when added a mix to 0.2 g/100 mL xanthan gum and 0.45 g/100 mL for carboxymethylcellulose.

Key words: Stabilizers, gums, colloids.

INTRODUCCIÓN

El jugo de naranja ha sido culturalmente utilizado por miles años debido a su agradable sabor y a sus excelentes atributos como fuente de nutrientes como carbohidratos, fibra y vitamina C y especialmente como fuente de compuestos fisiológicamente activos como lo son los ácidos fenólicos, flavonoides, limoneno y carotenoides (Abbasi y Mohammadi, 2013). Gracias a esta gran diversidad de compuestos, los zumos extraídos de la fruta después de filtrados suelen separarse formando 2 fases inmiscibles. En la fase continua acuosa en la que se encuentran los azúcares, ácidos de bajo peso molecular y vitaminas hidrosolubles, mientras que en la fase dispersa se

encuentran la fibra, los colorantes insolubles y algunos otros compuestos apolares (Paquet *et al.*, 2014). Los polisacáridos tienen la capacidad de retener grandes cantidades de agua y según su estructura química ellos pueden formar espumas, geles, sistemas viscosos, pastas, o servir como estabilizantes en sistemas coloidales alimentarios (Mirhosseini *et al.*, 2008). El objetivo principal de este trabajo es el estandarizar un zumo de naranja adicionando goma xantan y carboximetilcelulosa como agente estabilizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del Zumo de naranja. Las naranjas variedad Valencia () fueron recibidas en el Laboratorio de Diseño de Nuevos Productos de la Universidad del Quindío, se desinfectaron con Hipoclorito de sodio a 50 ppm, posteriormente se les retiró la cascara y se extrajo el zumo en un extractor de zumo comercial y se filtró en una malla de tamaño de poro de 3mm para posteriormente almacenarlo a 5°C (Lee y Coates, 2003). Se realizó un screening tomando goma xantan, carboximetilcelulosa y una mezcla de goma xantan y carboximetil celulosa. Se realizó un diseño experimental en arreglo factorial 2³ utilizando como factores 3 concentraciones de goma xantan y 3 concentraciones de CMC y como variables de respuesta se tomaron la distancia y el tiempo de separación de fases (Mirhosseini *et al.*, 2008). Los datos fueron procesados y analizados con el software Sthraphics Centurion XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados del proceso de estabilización del jugo para las variables de respuesta de este diseño experimental. Se obtuvo un polinomio que describe el comportamiento del tiempo de separación con relación al porcentaje de concentración de las gomas:

$$\text{Tiempo de separación} = 119,333 - 920,0 * \text{Goma Xantan} - 280,0 * \text{CMC} + 2400,0 * \text{Goma Xantan} * \text{CMC}$$

$$R^2 = 0,696429$$

Tabla 1. Resultados de la adición de gomas al zumo de naranja.

Goma Xantan (%)	CMC (%)	Tiempo de separación (h)	Distancia entre fases (cm)
0,1	0,4	12,0 ± 0,3	4,7 ± 0,3
0,1	0,45	12,0±0,5	3,0 ± 0,4
0,1	0,5	12,0±0,3	3,2 ± 0,4
0,15	0,4	12,0± 0,2	3,6 ± 0,2
0,15	0,45	12,0± 0,1	3,3 ± 0,3
0,15	0,5	12,0 ± 0,4	3,2 ± 0,7
0,2	0,4	12,0 ± 0,5	3,0 ± 0,5
0,2	0,45	36,0 ± 1,0	1,2 ± 0,6
0,2	0,5	36,0 ± 1,0	1,5 ± 1,0

El tiempo de separación está afectado por ambos factores (goma xantan y CMC) en un 69,6% lo que significa que este es el porcentaje que se ajusta el tiempo de separación al modelo utilizado. La goma CMC o carboximetil celulosa afecta en mayor forma el tiempo que la goma xantan esto debido a la mayor capacidad de formar hidrocoloides de la CMC con el zumo de naranja que la otra goma empleada (Chen y Nussinovitch, 2000).

El polinomio que describe el comportamiento de la distancia de separación en relación al porcentaje de gomas empleado es el siguiente:

Distancia de separación de las fases

$$= 10,6028 - 10,6111*CMC - 17,2778*Goma Xantan - 3,3333*CMC*Goma Xantan \quad R2 = 0,661904$$

La distancia de separación de las fases se ve afectada por ambos factores (goma xantan y CMC) en un 66,2 % este coeficiente de correlación indica que la distancia de separación se rige por este modelo en un 66,2%, sin embargo ejerce una mayor influencia la goma xantan que la CMC aunque ambas gomas tiene un comportamiento similar, a mayor goma xantan y mayor CMC la distancia de separación de la fase sólida es más cerca del borde del zumo (Chen y Nussinovitch, 2000; Abbasi, 2013). Con estos datos se pudo determinar que para obtener un jugo con un mayor tiempo de anaquel en cuanto a su estabilidad coloidal es necesario agregar 0,2g/100 mL de goma xantan y 0,45g/100 mL para CMC.

CONCLUSIONES

Con respecto al uso de las distintas gomas empleadas como estabilizante, las variables de respuesta analizadas (tiempo de separación y distancia de separación), indicaron que la concentración de la mezcla de gomas que presentó mejores resultados fue 0,2g/100 mL para goma xantan y 0,45g/100 mL para CMC, este resultado garantiza que el zumo va a tener una apariencia adecuada evitando la separación de las distintas fases que lo componen.

BIBLIOGRAFIA

- Abbasi, S. and S. Mohammadi. 2013. Stabilization of milk–orange juice mixture using Persian gum: Efficiency and mechanism. *Food Bioscience* 2: 53-60.
- Chen, S. and A. Nussinovitch. 2000. The role of xanthan gum in traditional coatings of easy peelers. *Food Hydrocolloids*, 14(4): 319-326.
- Lee, H.S. and G.A. Coates. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *LWT-Food Science and Technology* 36(1): 153-156.
- Mirhosseini, H., C.P. Tan, N.S. Hamid and S. Yusof. 2008. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil on flavor release from diluted orange beverage emulsion. *Food chemistry* 107(3): 1161-1172.
- Paquet, E., R. Hussain, L. Bazinet, J. Makhlof, S. Lemieux and S. Turgeon. 2014. Effect of processing treatments and storage conditions on stability of fruit juice based beverages enriched with dietary fibers alone and in mixture with xanthan gum. *LWT-Food Science and Technology* 55(1): 131-138.

Encapsulación Molecular de Hesperidina Obtenida de Desechos de Cáscara de Cítricos (*Citrus sinensis*)

Molecular Encapsulation of Hesperidin Obtained from Citrus Peel Waste (*Citrus sinensis*)

Angeles Sánchez Contreras, Manuel O. Ramírez Sucre, Neith A. Pacheco López e Ingrid Rodríguez Buenfil.¹

1 Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Unidad Sureste. Calle 30, No. 151 por 7 y 7^a, Col. García Gineres, Mérida Yucatán, México. CP. 97070, e-mail: msanchez@ciatej.mx, irodriguez@ciatej.mx

Resumen. En este trabajo se realizó la extracción criogénica de los residuos de Naranja (*Citrus sinensis*), generados industrialmente en la jugera de Akil Yucatán, México. Se obtuvo un rendimiento de 1,45 % en base seca de hesperidina (85% de pureza) en forma de un polvo amorfo de color amarillo con punto de fusión de 260 °C. Adicionalmente, para proteger este compuesto bioactivo de los agentes externos que propician su degradación y con el fin de aumentar su solubilidad en agua, se evaluó el efecto de la concentración de beta-ciclodextrina (β -CDx) sobre la solubilidad de la hesperidina manteniendo agitación y temperatura constantes. Se comprobó que para la formación del complejo de inclusión hesperidina/beta-ciclodextrina (Hes/ β -CDx) se requiere una relación equimolar ya que en estas condiciones se logró una mejor solubilidad ($K_s=57,5823$ M) y actividad antioxidante (97 % de inhibición del radical DPPH). El producto de encapsulación se caracterizó mediante microscopía electrónica de barrido, mostrando la formación de cristales hexagonales de tonalidad amarilla con un punto de fusión de 305 °C.

Palabras clave: Beta-ciclodextrina, solubilidad hesperidina, actividad antioxidante.

Abstract. In this work the cryogenic extraction was conducted of by-products of Orange (*Citrus sinensis*) generated industrially in Akil Yucatan, Mexico. A yield of 1.45% on dry basis of hesperidin (purity 85%) was obtained, as an amorphous yellow powder with a melting point of 260 °C. Additionally, to protect the bioactive compound of the external agents which favor their degradation and to increase its water solubility. The effect of the concentration of beta-cyclodextrin (β -CDx) were evaluated, at whilst stirring constant temperature. We were found that for of beta-cyclodextrin/hesperidina (Hes/ β -CDx) complex inclusion formation was required an equimolar ratio due at these solubility ($K_s = 57.5823$ M) conditions and antioxidant activity was better achieved (97% Inh. the DPPH radical). The product of encapsulating was characterized by scanning electron microscopy, showing the formation of hexagonal crystals of yellow color with a melting point of 305 °C

Key words: Beta-cyclodextrin, solubility hesperidin, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

Las flavanonas son los principales fitocompuestos presentes en los desechos de industrialización de Naranja (*Citrus sinensis*). La hesperidina es la flavanona que se encuentra en mayor proporción, es apreciada por su capacidad antioxidante, pero su uso como aditivo alimentario se encuentra limitado, debido a que es poco soluble en agua y altamente sensible a la oxidación por temperatura, pH y luz. La β -CDx ha sido ampliamente estudiada por su capacidad para formar complejos de inclusión con numerosos compuestos, declarándose segura para consumo humano. (Schneiderman y Stalcup, 2000). El objetivo de este trabajo fue obtener hesperidina de los residuos de Naranja y encapsularla con beta-CDx para aumentar su estabilidad y solubilidad en agua, a fin de agregar valor a los subproductos del procesamiento industrial de la planta procesadora de jugos de Akil Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado para la extracción y la purificación de hesperidina, fue el reportado en la solicitud de patente MX/A/2012/014557, empleando una extracción criogénica con CO₂ y alcohol metílico. La pureza de la hesperidina se determinó por cromatografía líquida HPLC, empleándose estándares de referencia comerciales. Se evaluó el efecto de concentración de β -CDx (0, 3, 6 y 9 mM), sobre la solubilidad de hesperidina a temperatura y agitación constantes (25°C y 200 rpm). Los ensayos se realizaron en obscuridad para evitar la degradación y se mantuvieron concentraciones de saturación de hesperidina. Se construyeron los diagramas de solubilidad de fase de acuerdo al método de Higuchi y Connors, (1965), para determinar la constante de solubilidad $K_s = (\text{pendiente}/\text{So} \times (1-\text{pendiente}))$ y la actividad antioxidante se determinó midiendo el porcentaje de inhibición del radical DPPH. En todos los casos se representa el promedio de tres determinaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un total de 1,45g del extracto criogénico por cada 100g de harina de residuos cítricos de naranja procesada, el extracto tiene un aspecto de polvo color amarillo pardo. En la Tabla 1 se resumen los tiempos de retención y rendimientos de los compuestos flavonólicos recuperados. Este polvo tiene un punto de fusión de 260 °C, dos grados más que la hesperidina comercial, esto se explica debido a que contiene hesperidina solo en un 85%. Este extracto se agregó a saturación en soluciones de concentración creciente de β -CDx. En la Figura 1, se muestra el efecto en la solubilidad de la hesperidina, demostrándose que en todos los casos a las 24 horas se alcanza la estabilidad de formación del complejo. Con estos resultados se construyó el diagrama de fase solubilidad teniendo una relación lineal con un coeficiente de regresión cuadrático de $R^2 = 0,9915$. La ecuación que correlaciona ambas concentraciones $[Hes \text{ mM}] = 7,36 [\beta\text{-CDx mM}] + 31,595$. Con estos datos se calculó la constante de solubilidad aparente ($K_s = 57,58 \text{ mM}$) del complejo obtenido y la solubilidad intrínseca ($S_0 = 31,59 \text{ mM}$) de la hesperidina sin encapsular. Podemos observar que se alcanza un aumento

Tabla 1. Contenido de flavonoides en el extracto criogénico de residuos de naranja.

Compuesto	Tr (min) HPLC	Abundancia (%)
Hesperidina	29,35	85
Neohesperidina	31,42	12
Quercetina	41,93	3

HPLC con detector de arreglo de diodos a 280 (nm), Columna: Phenomenex, Gemini 5 μ , C 18 110 A. Disolvente A: Agua HPLC, con ácido fórmico al 0,1 % Disolvente B: Acetonitrilo. Con ácido fórmico al 0,1 %.

de hasta 3 veces más en su solubilidad cuando se emplea la concentración máxima de β -CDx (9 mM). Así mismo, la actividad antioxidante alcanza valores de 97 % de inhibición del radical DPPH.

El complejo de inclusión (1:1) Hes/ β -CDx obtenido, se analizó por microscopía electrónica de barrido, comparándolo con β -CDx y la hesperidina sin encapsular. En la Figura 2, se puede observar que el complejo forma nano cristales hexagonales, a los que se les determinó un punto de fusión de 305°C.

CONCLUSIONES

Se logró obtener hesperidina de los residuos de Naranja y encapsularla con β -CDx, aumentado su estabilidad y

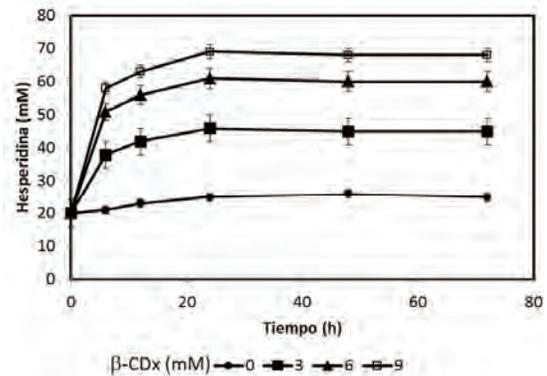


Fig. 1. Solubilidad de la Hesperidina en concentraciones crecientes de β -Ciclodextrina en función del tiempo.

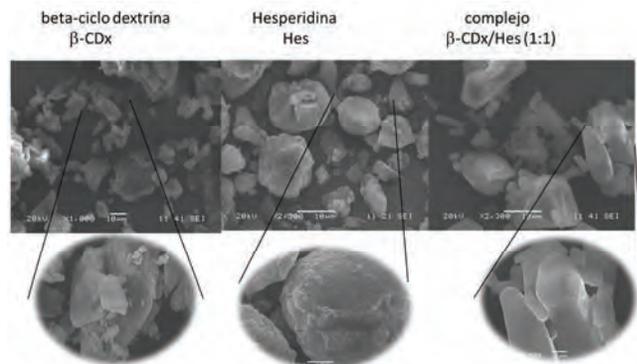


Fig. 2. Micrografía electrónica de Barrido del complejo de inclusión Hes / β -CDx (1:1).

solubilidad en agua, con esto se puede dar una propuesta de valor a los subproductos del procesamiento industrial de la planta procesadora de jugos de Akil Yucatán, México.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto FOMIX-YUC-2011-C09-170230 y a la Unión de ejidos Citricultores del sur del Estado de Yucatán.

BIBLIOGRAFÍA

- Higuchi, T. and K.A. Connors. 1965. Phase-solubility techniques. *Adv. Anal. Chem. Instrum* 4(2): 117-212.
- Sánchez- Contreras A. y Rodríguez Buenfil I. 2012, Cepa de *Candida krusei* y uso para un proceso de recuperación de agliconas de origen vegetal. *MX/A/2012/014557*.
- Schneiderman, E. and A.M. Stalcup. 2000. Cyclodextrins: a versatile tool in separation science. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* 745(1): 83-102.

Evaluación de la Osmodeshidratación en la Crioprotección de Muestras de Melón (*Cucumis melo L.*)

Evaluation of Osmotic Dehydration on Cryoprotection Melon (*Cucumis melo L.*) Samples

Alfredo Ayala Aponte¹ y Martha Isabel Cadena²

¹ Profesor Asociado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

² Profesora. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Programa de Tecnología en Alimentos. Cali, Colombia. martha.cadena@correounivalle.edu.co

Resumen. La osmocongelación (OSC) es la combinación de la deshidratación osmótica (DO) seguida de la congelación, permitiendo mejorar características de calidad del producto congelado-descongelado. Se evaluó la influencia de la OSC sobre la pérdida de fase líquida (PFL), cambio de volumen (ΔV) y cambio total de color (ΔE) de muestras de melón congelado-descongelado. Las muestras se deshidrataron en solución de sacarosa a 55°Brix, se congelaron a -40°C y posteriormente se almacenaron a -18°C durante 1, 15 y 30 días. Los resultados mostraron que las muestras con pretratamiento osmótico (PO) presentaron menor PFL, ΔV y ΔE respecto a la muestra sin PO. Estos resultados evidencian el efecto crioprotector del PO sobre las muestras de melón congeladas-descongeladas.

Palabras clave: Osmocongelación, fase líquida, volumen, color.

Abstract. Osmodehydrofreezing (OSC) is the combination of the osmotic dehydration (DO) before the freezing process, which improves quality characteristics of a frozen-thawed product. The influence of OSC on drip loss (PFL), volume change (ΔV) and total color change (ΔE) of frozen-thawed melon was evaluated. Samples were dehydrated by using a sucrose solution with 55°Brix, frozen at -40°C and then stored at -18°C during 1.15 and 30 days. The results showed less PFL, ΔV and ΔE in samples with osmotic pretreatment (PO) respect to samples without PO. This evidences cryoprotectant effect on treated samples.

Key words: Osmodehydrofreezing, drip loss, volume, color.

INTRODUCCIÓN

La congelación es ampliamente utilizada y considerada uno de los mejores métodos de conservación, por mantener en cierto modo algunas propiedades de calidad comparada con otros métodos de conservación (Wu, *et al.*, 2009). Sin embargo los alimentos después de la congelación-descongelación presentan altas PFL (relacionadas con los daños a nivel celular), pérdida de textura, encogimiento y en algunos casos cambios

de color (Talens *et al.*, 2001). Para disminuir estas pérdidas de calidad en los alimentos se puede aplicar la técnica de OSC, que ha sido utilizada con alto potencial en algunas frutas (Talens *et al.*, 2001). Esta técnica consiste en la combinación de la DO y la congelación; la DO es un método de conservación para obtener productos mínimamente procesados de humedad intermedia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la DO previa al proceso de congelación sobre la PFL, ΔV y ΔE en muestras de melón *Cantaloupe* durante el almacenamiento congelado (1, 15 y 30 días).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron frutos de melón con $7,75 \pm 0,7$ °Brix y contenido de humedad (CH) de $92,5 \pm 0,5\%$ (b.h). Muestras de melón cortadas a 20 mm de altura y 15 mm de diámetro se deshidrataron en una solución de sacarosa a 55% w/w hasta un CH de $80,0 \pm 0,5\%$ (b.h). Las muestras deshidratadas y no deshidratadas (fresco o control) se congelaron a -40°C en un ultracongelador (Revco, USA). Se almacenaron a -18°C durante 30 días, y fueron retiradas en tres tiempos de almacenamiento (1, 15 y 30 días) para evaluar la PFL, ΔV y ΔE . La PFL se evaluó tomando el peso de cada muestra antes (*mo*) y después (*mf*) de la congelación empleando una balanza analítica (Metler – Toledo AE200, Suiza) (Ec. 1). El ΔV se calculó antes y después de la congelación-descongelación, midiendo a cada muestra su diámetro y su altura mediante un calibrador digital (Bull Tols, USA) (Ec. 2). Las coordenadas de color CIE-L*a*b* se midieron con un colorímetro (Hunterlab, USA). El cambio total de color (ΔE) se calculó con la Ec. 3.

$$PFL = \frac{m - m_o}{m_o} \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{V - V_o}{V_o} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

Los experimentos se realizaron por triplicado. Se aplicó un diseño factorial 2x3 completamente al azar (mediante los factores, tiempo de almacenamiento y tipo de pre tratamiento). Los resultados se analizaron mediante ANOVA con nivel de confiabilidad de 95% (Minitab 16, USA., 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se observa que la PFL en las muestras OSC y control (fresco congelado) se incrementa significativamente ($p < 0,05$) con el tiempo de almacenamiento. Este incremento es atribuido a la recristalización del hielo durante el almacenamiento, ocasionando pérdida del contenido celular y pérdida de la capacidad de retención de agua de la célula (Goncalves *et al.*, 2011). Similar comportamiento han reportado otros investigadores (Marani *et al.*, 2007; Talens *et al.*, 2001). Sin embargo, puede notarse que las muestras OSC presentaron significativamente ($p < 0,05$) menor PFL que la muestra control, evidenciando un efecto crioprotector. Este comportamiento es debido a que las muestras OSC contienen menor agua congelable, y en consecuencia menor recristalización del hielo y menor daño estructural. Otros investigadores han reportado similar comportamiento (Marani *et al.*, 2007; Talens *et al.*, 2001). En la Figura 2 se observa en ambos tratamientos pérdida significativa ($p < 0,05$) del volumen por efecto del almacenamiento, sin embargo las muestras OSC mostraron las menores pérdidas, debido a la menor PFL mencionada anteriormente, ocasionando menor colapso de la estructura. Resultado similar se observó en melón DO con condiciones distintas a las de este trabajo (Cadena, 2012).

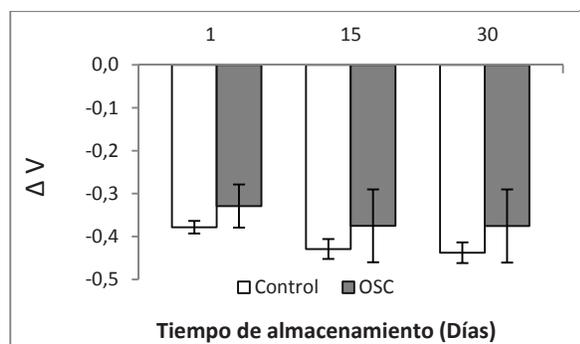


Figura 1. PFL en muestras de melón OSC y control.

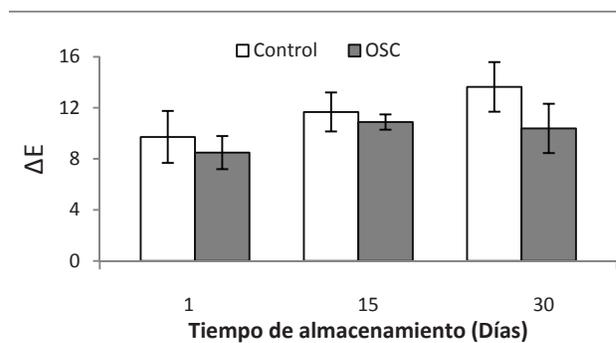


Figura 2. ΔV en muestras de melón OSC y control.

Con respecto al color (Figura 3), se observó en ambos tratamientos, un incremento significativo ($p < 0,05$) de ΔE durante el tiempo de almacenamiento, siendo el tratamiento OSC el de menor ΔE . Este menor cambio de ΔE fue afectado principalmente por la claridad (L^*) (valores no mostrados), donde la muestra control fue más oscura. Este efecto crioprotector del PO puede ser atribuido a la presencia de azúcar en la superficie de la muestra deshidratada que inhibe la transferencia de oxígeno, reduciendo el pardeamiento enzimático (Saputra, 2001).

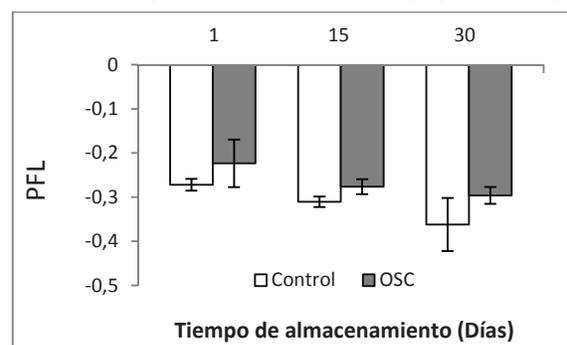


Figura 3. ΔE en muestras de melón OSC y control.

CONCLUSIONES

Se evidenció que las muestras pre tratadas osmóticamente (OSC) mostraron significativamente ($p < 0,05$) menores PFL, ΔV y ΔE que las muestras no deshidratadas (Control) durante el almacenamiento congelado. Estos resultados indican el potencial efecto crioprotector de la técnica de osmocongelación durante el almacenamiento congelado del melón.

BIBLIOGRAFÍA

Cadena-Gómez, M.I. 2012. Aplicación de la técnica de osmo-congelación en la conservación de melón Cantaloupe (*Cucumis melo L.*). Tesis Magister en Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali. 39 p.

Goncalves, E.M., M. Abreu, T. R. Brandao and C. Silva. 2011. Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp.) during storage at isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Refrigeration* 34, (8): 2136-2144.

Marani C.M., M.E. Agnelli and R.H. Mascheroni. 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*. 79 (4): 1122-1130.

Saputra, D. 2001. Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology* 19 (2): 415-425.

Talens P, N. Martínez, P.Fito and A. Chiralt. 2001. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Food Science and Emerging Technologies*. 3(2):191-199.

Wu L., T. Orikasa, K. Tokuyasu, T. Shiina and A. Tagawa. 2009. Applicability of vacuum-dehydrofreezing technique for the long-term preservation of fresh-cut eggplant: Effects of process conditions on the quality attributes of the samples. *Journal of Food Engineering*. 91 (4): 560-565.

Efecto de 1-Metil Ciclopropeno sobre la Calidad Poscosecha del Aguacate Hass (*Persea americana* Mill) en Colombia

Effect of 1- Methyl Cyclopropene on Postharvest Quality Hass Avocado (*Persea americana* Mill) in Colombia

Andrés F. Rios^{1†}; Esteban Zapata¹; Jaime A. Barajas¹; Margarita L. Castro²; Johanna Ramírez²; Julián D. Arias²; Lina M. Vélez A¹; Gustavo A. Hincapié¹; Juan C. Palacio¹; Robín Z. Gallego¹ y Felipe A. Gómez²

¹ Universidad Pontificia Bolivariana. Cir. 1 #70-01, of. 11-117, Medellín, Colombia.

² Corporación para Investigaciones Biológicas, Cra. 72A #78B-141, Medellín, Colombia.

Resumen. El presente trabajo evaluó el efecto del 1 Metil Ciclopropeno (1-MCP) a 3 concentraciones (100, 200 y 300 $\mu\text{g L}^{-1}$) sobre las propiedades de firmeza y pérdida fisiológica de peso de frutos de aguacate Hass; a los frutos maduros se les realizó análisis sensorial y microbiológico. Los resultados mostraron que la firmeza y la pérdida fisiológica de peso variaron significativamente ($p < 0,05$) respecto a los tratamientos. En cuanto a la prolongación de la vida de anaquel, los tres tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Los resultados microbiológicos indicaron una incidencia de daño mayor al 70% para el control y menor al 50% para los tratamientos. El uso del 1-MCP no afecta las características sensoriales de la fruta.

Palabras clave: Aguacate, 1-MCP, firmeza, madurez, poscosecha.

Abstract. In this study the effect of 1 Methyl Cyclopropene (1-MCP) at 3 concentrations (100, 200 y 300 $\mu\text{g L}^{-1}$) on the physiological properties of firmness and weight loss of Hass avocado fruits was evaluated; a microbiological and sensory analysis of ripe fruit was performed. The results showed the firmness and physiological weight loss varied significantly ($p < 0.05$) over treatments. Respecting the extension of shelf life, the three treatments were not significantly different ($p > 0.05$). Microbiological results indicated a higher incidence of damage greater than 70%

for control and less than 50% for treatments. The use of 1-MCP did not affect the fruit sensory characteristics.

Keywords: Avocado, 1-MCP, Firmness, Ripening, Postharvest.

INTRODUCCIÓN

El aguacate es la quinta fruta tropical más importante en el mundo, medida en términos de volumen y área cultivada. Actualmente muestra un dinámico comportamiento representado por el aumento de la producción en México, Chile y República Dominicana. Colombia ocupa el quinto lugar en producción mundial, con un área sembrada de aproximadamente 28000 ha, donde el 37,5% corresponde a la variedad Hass, considerada a nivel mundial como la de mayor aceptación, gracias a sus características organolépticas, alta productividad y su excelente comportamiento en la exportación (Ochoa, 2009). Los departamentos de Antioquia y Caldas son los mayores productores de esta fruta en el país, con una participación de 13,5 y 6,2% respectivamente (Vega, 2012).

Una de las etapas que afecta la productividad en la producción de aguacate cv Hass es la poscosecha, ya que en ella se generan altas pérdidas ocasionadas por la perecebilidad del fruto y malas condiciones de almacenamiento, es por esto que se requiere de un sistema eficiente que permita retardar la

maduración y que conserve las características de calidad hasta que el fruto llegue al consumidor final (Forero, 2007).

Tradicionalmente el aguacate cv Hass es almacenado bajo condiciones de refrigeración, manteniendo niveles aceptables de calidad, sin embargo periodos de exposición superiores a 4 semanas ocasionan daños como el oscurecimiento del sistema vascular, maduración irregular y sabores anormales (Yahia, 2001).

Existen tecnologías poscosecha como la aplicación de inhibidores del sitio activo del etileno, que proporcionan al producto las condiciones ideales para que se mantenga en el mejor estado de calidad por el mayor período de tiempo posible (Blakey, 2011).

El uso de 1 Metil Ciclopropeno (1-MCP) ha reportado buenos resultados en diferentes frutas como pitaya, tomate, papaya, peras, manzanas y aguacates. Sin embargo, se reporta que su efectividad puede ser afectada por diversos factores como la temperatura, el grado de madurez, la dosis y tiempo de exposición del producto (Ochoa *et al.*, 2009).

Este trabajo de investigación evalúa el efecto de 1-MCP bajo condiciones de refrigeración sobre la vida de anaquel y la calidad de aguacates variedad Hass de los principales departamentos productores de Colombia como son Caldas y Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín y en el laboratorio de la Unidad de Fitosanidad y Control Biológico de la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB).

Los aguacates fueron seleccionados grado 1 en la escala de maduración (White *et al.*, 2009), se midió materia seca en un horno de convección forzada *Thermolab* 115 a 60°C durante 24 h. Cada tratamiento con 1-MCP fue colocado en tres recipientes plásticos totalmente herméticos durante 12 h, luego se refrigeraron a $6 \pm 0,5$ °C y $90 \pm 5\%$ H.R. durante diez días. Luego de este periodo, la fruta fue llevada a condiciones de vida útil a 23 °C (± 1 °C) y 58% H.R. ($\pm 5\%$ H.R.), donde se determinó cada 3 días la firmeza y la pérdida fisiológica de peso, según Tabla 1.

En la etapa de plena madurez, se determinaron daños microbiológicos (Ochoa, 2007) y pruebas sensoriales según Normas Técnicas Colombianas NTC 5328 y NTC 3932.

Tabla 1. Metodologías para la firmeza y pérdida fisiológica de peso.

PRUEBA	MÉTODO
Firmeza	Técnica no destructiva en un analizador de textura TA.XT Plus (Texture analyser) (Ochoa <i>et al.</i> , 2009)
Pérdida fisiológica de peso	Se determinó por gravimetría en una balanza analítica marca Ohaus Modelo Nadigator 1121 (Schutzer <i>et al.</i> , 2007)

El análisis estadístico se estableció con un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial 4 x 2 (4 tratamientos y 2 variables), estableciéndose pruebas de análisis de varianza a un nivel de significancia del 5% empleando el programa Statgraphics Centurion XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra el porcentaje de materia seca, el cual está dentro del rango mínimo de madurez fisiológica aceptable para la cosecha 23% reportado por Waissbluth (2007).

Tabla 2. Materia seca aguacate Hass.

DEPARTAMENTO	% MS
Caldas	$28 \pm 2,76$
Antioquia	$23 \pm 1,83$

La firmeza, la pérdida fisiológica de peso, las pruebas microbiológicas y sensoriales indicaron que el uso del 1-MCP no tuvo efecto significativo ($p > 0,05$) en la prolongación de vida de anaquel del aguacate analizado, esto puede ser atribuido a la sensibilidad fisiológica del tejido o a la permeabilidad del fruto en el momento de la aplicación de 1-MCP, propiedades que no han sido estudiadas (Ochoa *et al.*, 2009). No obstante, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables de firmeza y pérdida fisiológica de peso entre tratamientos, cuando fueron comparados con el control. Estos resultados concuerdan con los reportados por Jeong *et al.* (2002), donde el 1-MCP retrasó la pérdida fisiológica de peso en aguacates.

Adicionalmente, la pérdida fisiológica de peso presentó un comportamiento creciente durante toda la etapa de poscosecha, disminuyendo la velocidad a partir del día 13. Para este día los valores fueron cercanos a los encontrados por Lallun *et al.* (2004) y Yepes (2011), donde se hallaron pérdidas fisiológicas de peso de 6,67% y 9,59 % respectivamente. La firmeza presentó un comportamiento decreciente, en el día 0 se reportaron valores entre 61 y 79 N para los frutos de Caldas y Antioquia respectivamente, disminuyendo hasta valores de 10N. Resultados similares fueron reportados por otros autores, donde se observó una disminución de 76N a 3,14N (Correa *et al.*, 1995), de 60N a 5N (Zaubennan *et*

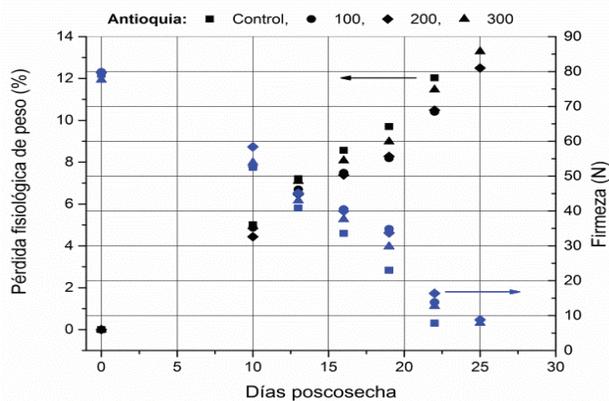


Figura 1. Tratamientos evaluados en el departamento de Caldas.

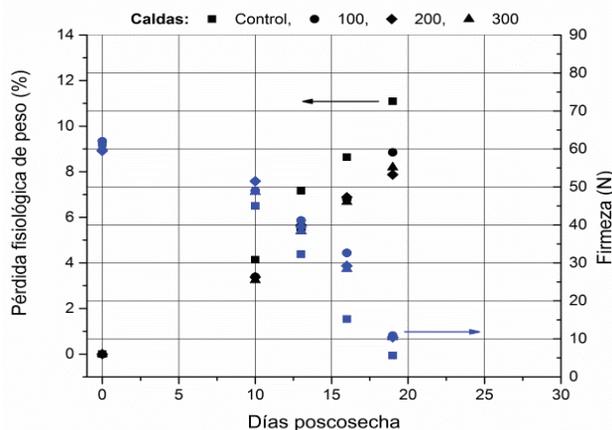


Figura 2. Tratamientos evaluados en el departamento de Antioquia.

al., 1995) y de 67N a 10N (Yepes, 2011). Los resultados obtenidos para los tratamientos y los días poscosecha, se presentan en la Figura 1 y 2.

Los resultados microbiológicos indicaron una incidencia de daño mayor al 70% para el control y menor al 50% para los tratamientos con 1-MCP, indicando un efecto considerable de los microorganismos asociados a *Body Rot* y *Stem-end Rot*. Estos daños pueden ser atribuidos a los procesos precosecha, los cuales también influyen con el desempeño del 1-MCP (Ochoa et al., 2007).

CONCLUSIÓN

El 1-MCP a concentraciones de 100, 200 y 300 $\mu\text{g L}^{-1}$ en aguacate Hass no prolongaron la vida de anaquel. Sin embargo los resultados obtenidos, permitieron mostrar que la firmeza y la pérdida fisiológica de peso cambian significativamente con los tratamientos. Además, su uso no altera las propiedades sensoriales del fruto. La incidencia y severidad de daños causados por microorganismos asociados a

Body Rot y Stem-end Rot es alta, los cuales pueden interferir con el desempeño del 1-MCP y la prolongación de la vida de anaquel.

BIBLIOGRAFÍA

- Almela, L., C. Sanchez, J.A. Fernandez and F. Romojaro. 2000. Non destructive appraisal of the ripeness in cantaloupe melons. *Food Science Technology*. (6): 47-51.
- Blakey, R. 2011. Management of avocado postharvest physiology. Thesis. School of Agricultural Sciences and Agribusiness. Faculty of Science and Agriculture. University of KwaZulu-Natal. South Africa.
- Correa, P.C., J.L. De la Plaza y M. Ruiz. 1995. Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. *Agro-Ciencia*. 11(2): 197-200.
- Forero, F., J. Garcia y J.F. Cardenas. 2007. Situación y avances en la poscosecha y procesamiento del aguacate (*persea americana mil*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 1(2): 189-200.
- Jeong, J., D.J. Huber and S.A. Sargent. 2002. In uence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2: 241-256.
- Lallun, N., et al. 2002. Effects of handling temperatures, and airflows during storage or shipping, on shelf life quality of Hass avocados. *Hort Research Client Report No. 2003/64*.
- Ochoa, S., et al. 2007. Identificación genético molecular de hongos asociados a la pudrición pedúncular del fruto de aguacate en Michoacán, México. En memorias. XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Abs.
- Ochoa, S.A. 2009. Calidad y manejo poscosecha del fruto de aguacate. En: *Memorias. III Congreso latinoamericano de Aguacate*. Medellín, Colombia.
- Ochoa, S., M. Hertog and B. Nicolai. 2009. Modelling the transient effect of 1-MCP on 'Hass' avocado softening: A Mexican comparative study. *Postharvest Biology and Technology*. 51(1): 62-72.
- Vega, J. 2012. El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano. Banco de la República, publicaciones sobre economía regional. (171).
- Waissbluth, R. y J. Valenzuela, 2007. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. hass para ser exportadas ISBN 978-956-17-0413-8. En: *Memorias. Proceedings VI World Avocado Congress*. Viña Del Mar, Chile.
- White, A., A. Woolf, P.Hofman y M.L. Arpaia. 2009. Manual internacional de la calidad del aguacate. *Plant and Food Research*.
- Yahia, E. 2001. Manejo poscosecha del aguacate. En: *Memorias. 1er Congreso Mexicano y Latinoamericano del Aguacate*. Uruapan, Michoacán, México.
- Yepes Betancur, D.P. 2011. Caracterización fisicoquímica del aguacate (*Persea americana Mill. cv. Hass*) y estandarización del proceso de extracción del aceite, Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Zaubennan G., M.P. Jobin-Decor. 1995. Avocado (*Persea americana Mill*) quality changes in response to low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*. 5(3): 235-243.

Alternativa de Conservación de Muestras de Plátano (*Musa paradisiaca* L.) Mediante Tratamientos Osmóticos Binarios y Ternarios

Sample Conservation Alternative of Unripe Banana (*Musa paradisiaca* L.) by Binary And Ternary Osmotic Treatments

Claudia Liliana Zuluaga G.¹; Alfredo Adolfo Ayala A.² y Angela María Ormaza Zapata^{2,3}

1 Docente programa Ingeniería Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia. clzgutie@usbcali.edu.co

2 Docente Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

3 Docente Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. Candidata a Doctor, Universidad del Valle. angela.ormaza@ucaldas.edu.co

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar la deshidratación osmótica (DO) a 28°C sobre las cinéticas de transferencia de masa y variación total de color en rodajas de plátano. Se emplearon soluciones osmóticas (SO) de sacarosa (Sa) a 55°Brix (Solución binaria) mezcladas con cloruro de sodio (NaCl) en concentraciones de 0,3 y 4,5% (soluciones ternarias (ST)). El estudio cinético evidenció significativamente ($p < 0,05$) que el incremento de la concentración de NaCl aumentó la pérdida de agua (PA), ganancia de sólidos (GS) y pérdida de peso (PP), y disminuyó el cambio total de color (ΔE). Estos resultados indican el alto potencial de la DO con soluciones ternarias como alternativa de conservación de muestras de plátano verde (*Musa AAB* clon Dominico Hartón).

Palabras clave: Osmodeshidratación, difusión, sacarosa.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the osmotic dehydration (OD) at 28°C on the kinetics of mass transfer and total color variation of sliced banana. A sucrose (Su) osmotic solution (OS) at 55°Brix (binary solution) mixed with sodium chloride (NaCl) at concentrations of 0, 3 and 4.5% (ternary solutions (TS)) were used. Kinetics studies showed significantly ($p < 0.05$) that an increase in the NaCl concentration increased water loss (WL), solid gain (SG) and weight loss (WL), and decreased the total color change (ΔE). These results indicate the high potential of the DO with ternary solutions as an alternative of sample preservation of green banana (*Musa AAB* clone Dominico Harton).

Key words: Banana, osmotic dehydration, diffusion, sucrose.

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa AAB* clon Dominico Hartón) es una de las variedades más cultivada en la región Andina Colombiana y se transforma en diversos productos como harinas, cocido, fritos y trozos congelados (Arcila *et al.*, 2002). Por su alto contenido de humedad es un producto perecedero que requiere de técnicas

de conservación. La DO es una alternativa de conservación en el plátano que no requiere de altas temperaturas y es de bajo costo, cuyo principio consta de una contra-difusión simultánea de agua y solutos (Saputra, 2001). El intercambio de solutos, genera la transferencia de masa a través de la membrana celular que posee cierta permeabilidad, por ello la DO se ve afectada por la estructura biológica y las propiedades de los tejidos, así como por la composición de la solución osmótica (SO) (Shi y Le Maguer, 2002). Los solutos de Sa y NaCl se han usado en la DO de algunos alimentos mostrando mayores cinéticas de DO y mejoramiento de la calidad (Lenart y Flink, 1984). En este trabajo se estudió el proceso de DO del plátano verde (*Musa AAB* clon Dominico Hartón) sobre las cinéticas de DO y ΔE , empleando una Solución binaria Sa y ST de Sa y NaCl a presión atmosférica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon plátanos (*Musa AAB*, clon Dominico Hartón) con un estado de madurez entre 6 y 9 °Brix, en rodajas 30 mm de diámetro y espesor de 2 mm. La DO se realizó con SO de Sa a 55°Brix combinada con NaCl al 0, 3 y 4,5%, a 28°C, con agitación de 240 rpm y relación fruta: SO de 1:20. Se retiraron muestras a diferentes tiempos de DO (0, 15, 30, 60, 120, 240 y 300 min) para determinar el peso (m), °Brix (x_s), humedad (x_w) y coordenadas de color (L^* , a^* , b^*). A partir de las medidas del m , x_s y x_w se calcularon las cinéticas de PP, PA y GS mediante las ecuaciones 1, 2 y 3, respectivamente.

$$PP = \frac{(m_t - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$PA = \frac{(m_t x_{wt}) - (m_0 x_{w0})}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

$$GS = \frac{(m_t x_{st}) - (m_0 x_{s0})}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

Los subíndices 0 y t se refieren a la condición evaluada en

la fruta en fresco y después de un tiempo t de inmersión en las SO, respectivamente. El color de las muestras se midió un espectrocólorímetro (Hunter Lab, USA), utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10°. A partir de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* , se calculó el cambio total de color (ΔE) (ecuación 4)

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

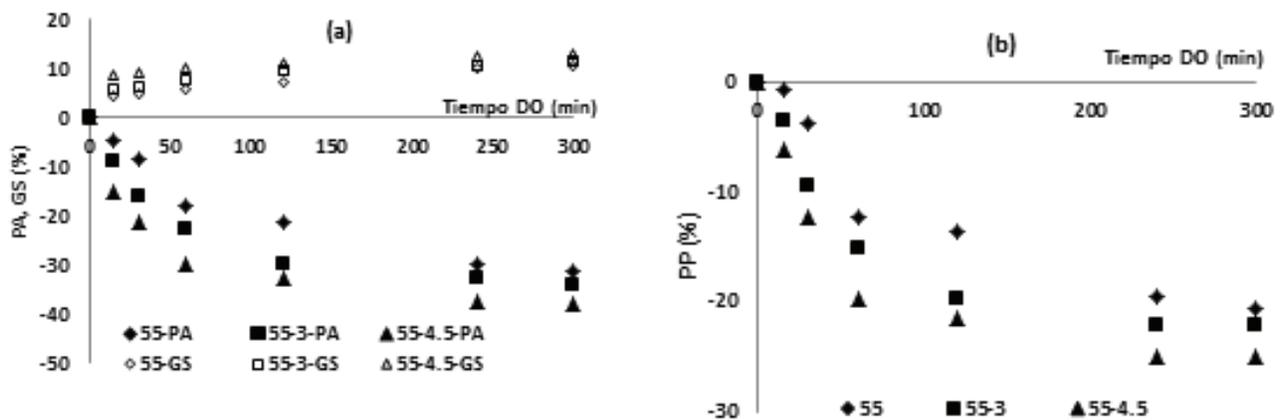


Figura 1. Evolución de la PA y GS (a) y PP (b) durante el proceso de DO.

Los valores experimentales se analizaron por medio de análisis de varianza (ANOVA), usando el software SPSS versión 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1(a) (PA) muestra que los tratamientos ternarios (55-3 y 55-4,5) presentaron significativamente ($p < 0,05$) mayores PA que el tratamiento binario (55°Brix) durante la DO. Estas mayores PA, pueden atribuirse a la sinergia entre la Sa y NaCl para potenciar la presión osmótica (Singh *et al.*, 2007), generando una alta fuerza impulsora entre la concentración de la SO y la concentración de la fase líquida de la muestra fresca (Singh *et al.*, 2007). Otra explicación, podría ser que la molécula de NaCl al presentar menor peso molecular que la Sa se difunde más fácilmente en el citoplasma de las células del plátano, generando gradientes de concentración en las vacuolas y en el mismo citoplasma, permitiendo extraer más agua desde el interior de la célula y de esta manera incrementar la PA en el producto (Isse y Schubert, 1992). Similar comportamiento ha sido reportado en DO de otros vegetales (Shi y Le Maguer, 2002). Se observó, en todos los tratamientos que la GS fue mayor durante los primeros 60 min de DO y posteriormente disminuyó, debido posiblemente, que la presencia de Sa en la

superficie de la fruta actúe como una resistencia a la entrada de sólidos solubles conocido como fenómeno de encostramiento (Singh *et al.*, 2007). Al inicio del proceso los tratamientos ternarios mostraron mayor GS que el tratamiento binario, sin embargo al final del proceso las GS no fue significativa ($p > 0,05$). Con respecto a la PP (Figura 1b), se notó que los tratamientos ternarios mostraron significativamente ($p < 0,05$) mayores pérdidas, siendo el tratamiento de mayor concentración (55-4,5) el que presentó las mayores PP. Estas PP están relacionadas con el balance neto de las PA y GS.

En cuanto a las propiedades ópticas (Figura 2), se observó un incremento significativo ($p < 0,05$) del cambio total de color (ΔE) durante el tiempo de DO, evidenciando que los tratamientos con impregnación de sal (tratamientos ternarios) presentaron significativamente ($p < 0,05$) los menores ΔE respecto del binario; el tratamiento de mayor concentración de sal (55-4,5) mostró los menores cambios de color. Este resultado, indica que la sinergia entre el NaCl y la Sa provoca cierto grado de

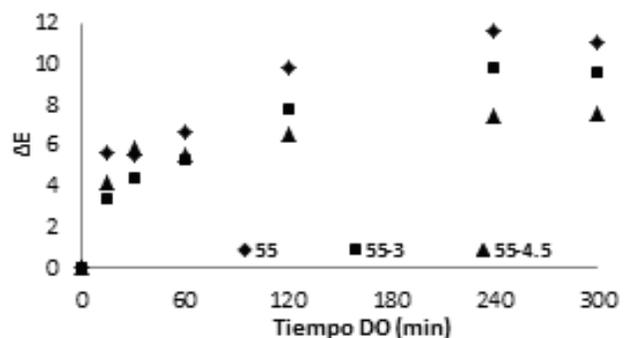


Figura 2. Cambio de color (ΔE) durante la DO de plátano verde.

protección en el cambio de color en las muestras de plátano. Por otro lado, se resalta que los tratamientos ternarios (55-3 Y 55-4,5) presentaron valores de ΔE inferiores a 9,6 al final de la DO, estos valores son relativamente bajos, con lo cual se comprobaron visualmente (imágenes no mostradas) que no se presentaron cambios importantes del color en las muestras de plátano deshidratada osmóticamente.

CONCLUSIONES

Este estudio mostró la sinergia entre los solutos NaCl y Sa para potenciar las cinéticas de DO en muestras de plátano verde (Musa AAB clon Dominico Hartón), evidenciando que a mayor concentración de NaCl en las soluciones ternarias se incrementan las PA, GS y PP, y menores cambios de color (ΔE). Estos resultados sugieren que la DO con soluciones ternarias es una potencial alternativa de conservación de muestras de plátano verde.

Harina Precocida de Mezclas de Sorgo (*Sorghum bicolor*) y Millo (*Pennisetum glaucum*) Obtenida por Extrusión

Pre-cooked Flour from Sorghum (Sorghum bicolor) and Millets (Pennisetum glaucum) Mixes Obtained by Extrusion

Jeremy Giraldo M¹, David Soto O², Harold Acosta Z³.

¹ Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería.

² Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería.

³ Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería. Autor a quien va dirigida la correspondencia.harold.acosta@correounivalle.edu.co.

Resumen. Se obtuvo una harina precocida por extrusión a partir de la mezcla de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y Millo (*Pennisetum glaucum* L. R. Br). Se quiso aprovechar cereales subutilizados en nuestra cultura, a pesar que su calidad nutricional compiten con el maíz. Las condiciones en el extrusor fueron velocidad del tornillo (194 y 224 rpm), humedad inicial de mezclas (17 y 20%), temperatura en el dado (160 y 200°C) y mezclas de sorgo y millo (70/30, 50/50 y 30/70 p/p). Las harinas fueron caracterizadas por granulometría, índices de Absorción y de Solubilidad en Agua (IAA, ISA) y Poder de Hinchamiento (PH). Los mejores valores de IAA, ISA y PH, fueron para la mezcla sorgo/millo 70/30; harina precocida que podría emplearse en galletas, papillas o sopas.

Palabras Clave: Extrusión, harina precocida, índice de absorción, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento.

Abstract. Pre-cooked flour was obtained by extruding mixtures of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and millets (*Pennisetum glaucum* LR Br). The purpose was to use underutilized grains, despite of having nutritional values that compete with corn. Extrusion conditions in the extruder were screw speed (194 and 224 rpm), initial moisture of mixes (17 and 20%), die temperature (160 and 200°C) and mixes of millet and sorghum (70/30, 50/50 and 30/70 weight/weight). Flours were characterized for granulometry, water absorption and solubility indices (WAI, WSI), and swelling power (SP). Higher WAI, WSI and SP values were for a 70/30 sorghum/millets mix, which showed that it might be employed in cookies, soups or gruels.

Key words: Extrusion, precooked flour, water absorption index, water solubility index, swelling power.

INTRODUCCIÓN

Las harinas compuestas son obtenidas al mezclar distintas harinas con o sin trigo para suplir deficiencias en proteínas y/o minerales, para responder a necesidades médicas (celíacos) o para rebajar costos de producción y ser empleadas en múltiples productos. Estas harinas, se obtienen normalmente por cocción del grano para inactivar, destruir o reducir la actividad de factores antinutricionales y de enzimas, mejorando la digestibilidad y la disponibilidad de los constituyentes bioquímicos (Prillwitz, 2004).

La extrusión es un proceso de transporte de material bajo condiciones controladas, forzándolo a pasar por una boquilla o dado, este proceso produce la cocción parcial o total de la mezcla y la desactivación de enzimas y factores antinutricionales (González *et al.*, 2002). Mezclas de sorgo y millo han mostrado aumento en el índice de solubilidad en agua, lo que favorece ciertas aplicaciones (Seth y Rajamanickam, 2012). Este trabajo produjo una

harina precocida de sorgo y millo mediante un extrusor de doble tornillo, estableciendo condiciones de proceso y caracterización de las harinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compraron granos en mercados locales. Las condiciones de operación del extrusor (doble tornillo, Jinan Saixin, modelo DS32-II, China) fueron velocidad del tornillo (194 y 224 rpm), humedad inicial de mezclas (17 y 20%), temperatura en el dado (160 y 200°C) y mezclas de sorgo y millo (70/30, 50/50 y 30/70 p/p). Los extruidos se molieron y se analizaron según la Tabla 1.

Se usó un diseño factorial de tres factores (Tabla 2) para un total de 32 experimentos. El efecto de los factores sobre las variables de respuesta se determinó estadísticamente usando *Minitab® 16.1.0*, mediante un análisis de ANOVA con significancia del 5% para cada propiedad evaluada.

Tabla 1. Métodos analíticos utilizados.

Análisis	Método analítico	Cálculo
ISA (%)	Anderson, et al, 1969	$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (b.s) (g)}}$
IAA (g gel/g muestra)	NTC 3594	$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)}}{\text{Peso muestra (b.s) (g)}} \times 100$
Poder de Hinchamiento	Ukpabi, et al, 1990	$pH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (b.s)(g) - Peso solubles (g)}}$

Tabla 2. Diseño factorial pruebas definitivas factores codificados.

Factores	Niveles		Variables de respuesta
	-1	1	
Humedad de mezcla (%)	17	20	ISA IAA PH
Temperatura de extrusión en la sección del dado (°C)	160	200	
Velocidad de tornillo (RPM)	194	224	

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Índice de Solubilidad en Agua (ISA). La Tabla 4 muestra los ISA obtenidos y la Figura 1 los efectos estandarizados de las variables de extrusión sobre el ISA; que indican que el factor más significativo y directamente proporcional fue la velocidad de tornillo, además

de la humedad inicial, que es inversamente proporcional. Esto concuerda con lo descrito por Mercado *et al.*, (2012).

Índice de Absorción de agua (IAA). La Tabla 5 y la Figura 2 muestran los resultados equivalentes, para IAA, mostrando que la muestra 2 presentó el valor más alto y la 7 el valor más bajo.

Tabla 4. Índice de Solubilidad en Agua.

Muestra	ISA (%)	Coefficiente de Variación
1	6,64±0,05	0,70
2	5,52±0,15	2,77
3	6,83±0,11	1,56
4	5,34±0,04	0,78
5	5,76±0,07	1,28
6	4,35±0,08	1,89
7	5,30±0,04	0,73
8	4,57±0,08	1,85

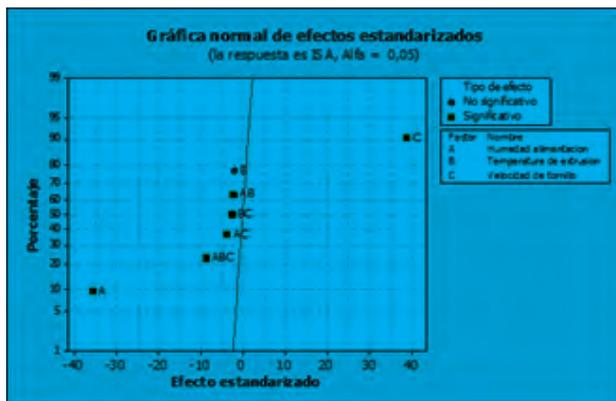


Figura 1. Efectos de las variables de extrusión sobre el Índice de Solubilidad en Agua.

La gelatinización de harinas de sorgo extruidas presentaron mayores IAA (Anderson *et al.*, 1969). Esta experimentación indicó que las muestras con mayores valores de IAA fueron aquellas con alta humedad de la materia prima (Figura 2), resultado concordante con lo citado anteriormente.

Tabla 5. Índice de Absorción de Agua.

Muestra	IAA (g gel/g)	Coefficiente de Variación
1	3,95±0,04	1,05
2	4,03±0,07	1,83
3	3,29±0,06	1,75
4	3,26±0,05	1,52

Muestra	IAA (g gel/g)	Coefficiente de Variación
5	3,81±0,04	1,08
6	2,90±0,19	6,73
7	2,86±0,07	2,51
8	3,30±0,09	2,59

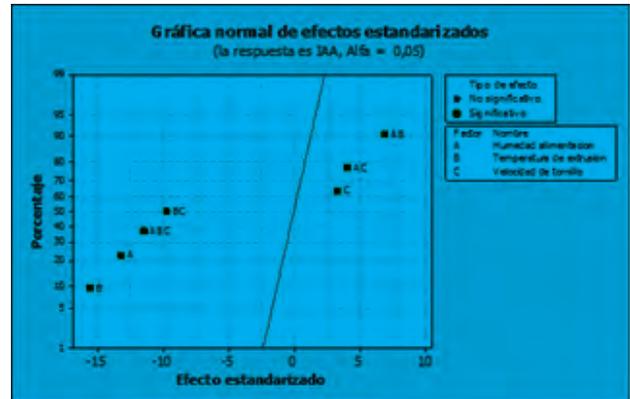


Figura 2. Efecto de las variables de extrusión sobre IAA.

Poder de Hinchamiento (PH). La Tabla 6 muestra los valores obtenidos para PH. La muestra 2 presentó el valor más alto (PH=4,26), mientras las muestras 6 y 7 los valores más bajos (ambas con PH = 3,03).

Tabla 6. Poder de Hinchamiento.

Muestra	Media de PH	Coefficiente de Variación
1	4,23±0,05	1,16
2	4,26±0,09	2,06
3	3,53±0,06	1,67
4	3,45±0,06	1,73
5	4,04±0,04	0,93
6	3,03±0,20	6,75
7	3,03±0,08	2,55
8	3,46±0,09	2,65

La Figura 3 muestra un efecto significativo e inverso de los factores temperatura de extrusión y humedad inicial de la mezcla sobre PH, pero la interacción de estos factores presenta un efecto significativo y directamente proporcional. Estos resultados concuerdan con lo reportado, mostrando que el poder de hinchamiento aumenta con el incremento de la temperatura y la humedad inicial de la materia prima,

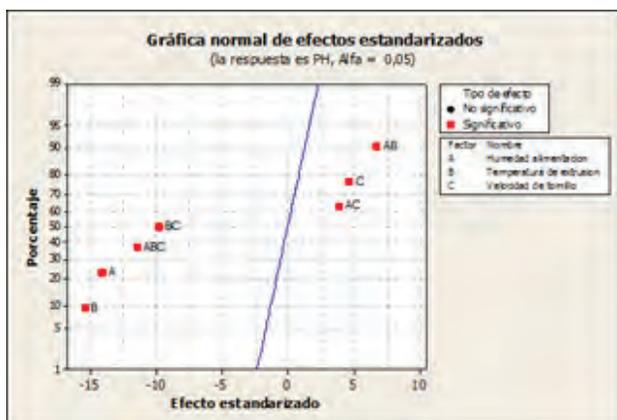


Figura 3. Efectos de las variables de extrusión en la variable Poder de Hinchamiento.

pues a altas temperaturas, las fuerzas de enlace dentro del gránulo se relajan, haciendo más grande el poder de hinchamiento (Araujo *et al.*, 2004).

De estos resultados, el de mayor interés fue el de ISA para su aplicación en sopas y papillas, lo cual se cumple para la mezcla 3 que correspondió a 70/30 p/p sorgo/millo.

CONCLUSIONES

La harina seleccionada como la mejor por su mayor índice de solubilidad (ISA) fue la extruida a una velocidad del tornillo de 224 rpm, temperatura en el dado de 160°C, 17% de humedad de la mezcla inicial y una proporción 70/30 p/p sorgo/millo, indicando una mayor degradación del almidón, lo que supone un aumento en su disponibilidad.

La solubilidad en agua (ISA) fue una función de la velocidad de tornillo, mayormente, seguido por la humedad de la mezcla. Mientras que el índice de absorción de agua (IAA)

y el poder de hinchamiento (PH), mostraron dependencia en mayor parte de la temperatura en el dado del extrusor, seguido por la humedad de la mezcla.

Este trabajo experimental permitió hallar condiciones de extrusión que produjeron una harina precocida compuesta de sorgo y millo, con características funcionales, tales como un alto ISA, un bajo IAA y una consistencia fluida, las cuales son aptas para ser empleadas en la elaboración de galletas, sopas o papillas.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer and E.L. Griffin, 1969. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal Science Today* 14(1): 4.
- Araujo, C., A. Rincón y F. Padilla. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 54(2): 241-245.
- González, R.J., R.L. Torres y D.M. De Greef. 2002. Extrusión-coCCIÓN de cereales. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos* 36(2): 104-115.
- Mercado, E.B., M.J. Ortega, V.M. Reyes, E. Morales y M. Gaytan. 2012. Caracterización fisicoquímica de harina de maíz procesada mediante un sistema de transporte de bajo cizallamiento. En: *II Simposio en Biotecnología Alimentaria y Ambiental*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Prillwitz, A. 2004. Tecnología de fabricación de copos. En: http://prillwitz.com.ar/aleman/fabricacion_de_alimentos_a_base_de_hojuelas_de_granos.html; consulta: diciembre 2013.
- Seth, D. and G. Rajamanickam. (2012). Development of extruded snacks using soy, sorghum, millet and rice blend—A response surface methodology approach. *International Journal of Food Science & Technology* 47(7): 1526-1531.

Reconfiguración de Granos de Arroz a Partir de Subproductos del Pulido del Grano, Utilizando un Proceso de Extrusión

Reconfiguration of Rice Kernels From by Products of Polishing Operation of Traditional Rise Using an Extrusion Process

Laura Almendares Calderón ¹

¹ Universidad de Santiago de Chile – Facultad Tecnológica Avda. Ecuador Nº 3769, Estación Central – laura.almendares@usach.cl

Resumen. En la operación de pulido del arroz se genera una gama de subproductos, cuyo valor de mercado es mínimo. Varios de ellos tienen características químicas, microbiológicas, nutritivas y organolépticas similares a las del arroz tradicional. El proyecto postuló reconfigurar granos de arroz en base a ellos utilizando un proceso de extrusión. El producto a obtener no existía en el mundo y significaba incrementar en 20% la disposición de arroz nacional. Chile tiene un déficit del orden del 50% en la demanda de este cereal, que debe ser suplido mediante importaciones. El producto extruido logrado resultó similar al arroz tradicional en sus cualidades físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas y obtuvo un alto nivel de aceptabilidad en pruebas por evaluadores especializados, y público consumidor.

Palabras clave: Extrusión, subproductos, arroz.

Abstract. In the rice polishing operation, a spectrum of by-products is generated, whose market value is minimal. Several of them have chemical, microbiological, nutritional and organoleptic characteristics that are similar to the conventional rice. The project postulated the reconfiguration of rice kernels using an extrusion process. The target product did not exist in the world and meant increasing the disposition of national rice in a 20%. Chile has a deficit in about a 50% of this cereal requirement, which has to be supplied by importation. The extrude product resulted being similar to the conventional rice in its physical, chemical, microbiological and organoleptic qualities and obtained a high level of acceptance when tested by specialized evaluators and consumers.

Key words: Extrusion, by products, rice.

INTRODUCCIÓN

En Chile, la industria elaboradora del arroz genera importantes volúmenes de subproductos del proceso de pulido del grano, tales como afrechos, harinillas, harinas, además de granos partidos, media grana y puntas. Este conjunto de subproductos alcanzan a alrededor del 20% del arroz producido, lo que significa unas 27.000 toneladas anuales, que tienen un bajo

valor comercial. Se les destina a la alimentación animal u otras aplicaciones técnicas. Chile es deficitario en más del 50% de las necesidades de arroz para el consumo nacional, por lo cual debe importar grandes volúmenes para satisfacer la demanda de este cereal que es fundamental en la dieta del chileno. Varios de estos subproductos del pulido presentan propiedades nutricionales similares a las de los granos enteros, pero su funcionalidad está muy restringida por el estado físico en que se presentan. Como hipótesis esta investigación postuló que el proceso de extrusión ofrece una alternativa de re-valorización de estos subproducto, generando arroz reconfigurado, similar al arroz normal en cuanto a propiedades físicas, químicas, microbiológicas, valor nutritivo, características culinarias y atributos organolépticos pudiendo, además, incorporarse sabores, olores, pigmentos y componentes nutricionales adicionales en su estructura. En la revisión de experiencias existentes respecto al producto propuesto, a la fecha de inicio de este proyecto, no se encontró ninguno similar registrado en el mundo. El proceso de extrusión es, básicamente, un proceso mediante el cual una mezcla de materiales, en este caso los subproductos del pulido del arroz, previamente molidos y humectados, se somete a fuerzas de presión y cizalla, que transforman su estructura molecular, permitiendo crear nuevas formas y texturas. En estos tratamientos se generan transformaciones físicas y químicas de sus constituyentes (Chao-Chi y Yeh, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las materias primas utilizada fueron obtenidas de Arrocería Vitacura, de Parral, VII Región, y del Sindicato de Agricultores de Los Huiques, de la VI Región. Se realizó una caracterización de materia prima, determinándose los parámetros para las características físicas, químicas y organolépticas relevantes. Se realizó la integración de los diferentes subproductos de coloración clara, mezcla que fue posteriormente molida. La harina obtenida se extruyó, utilizando un alimentador de doble tornillo, marca K-tron (USA). El agua que se utilizó para la humectación de la mezcla fue alimentada directamente

a la entrada del extrusor, utilizando para ello una bomba de desplazamiento positivo marca Netzch (Alemania). El proceso de extrusión se realizó mediante una extrusora de doble tornillo, marca Bühler (Suiza), Modelo bi-ex DNDL 44/20D, cuyas especificaciones técnicas son las siguientes:

Diámetro del tornillo: 44 mm
Longitud del tornillo, en relación al diámetro: 20D
Momento de giro admisible por eje: 210 Nm
Presión axial admisible: máx. 150 bar
Temperatura admisible de la carcasa: máx. 250°C
Tensión de conexión: 3x380-460 V
Frecuencia: 50 Hz
Motor: 20 Kw, DC
Capacidad: 10 a 80 Kg/Hora
Lote mínimo procesable: 2 Kg de materia prima
Longitud de carcasa: 880 mm (20D)
Número de barriles: 5
Longitud de cada barril: 176 mm (4D)

Se diseñó y utilizó una boquilla especial para obtener la forma típica del grano de arroz en el producto extruido. La calefacción de la carcasa se realizó mediante circulación de vapor a través de ésta. Este circula, en circuito cerrado, con el regulador de temperatura (Tool-Temp, Suiza). El regulador de temperatura cuenta con una toma de agua y aire de la red, la cual se pone en funcionamiento cuando se requiere enfriar el sistema, y una salida de agua al exterior. El producto extruido, generado como un filamento continuo por el extrusor, se cortó a la salida de la boquilla para dimensionar el grano (largo). Se aplicó luego una operación de secado del grano. Para la realización de este estudio y permitir el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de este trabajo, se realizaron dos set de experimentos, los cuales se diseñaron estadísticamente utilizando el programa Statgraphics Plus 5.1., con un diseño multifactorial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las pruebas preliminares se determinó un comportamiento heterogéneo de la materia prima, lo que motivó clasificar ésta en una fracción oscura, de alto nivel de insolubilidad y una fracción de coloración clara, de alto contenido de almidón, mucho más soluble. La investigación se orientó a esta última fracción. Se consiguió un grano de arroz reconfigurado, similar al grano normal en cuanto a sus características físicas, químicas, microbiológicas, organolépticas y culinarias. En el curso de la investigación se pudo establecer los rangos adecuados de temperatura, humedad agregada, presión, y tiempos de extrusión óptimos, los cuales quedaron protegidos por una patente

de cobertura nacional. El proceso mostró que es posible incorporar aditivos a la mezcla previo a su extrusión, tales como saborizantes, nutrientes, colorantes y otros compuestos, que pueden formar parte integral del grano reconfigurado.

Se caracterizó el producto extruido, en cuanto a sus características físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas, determinándose un alto nivel de similitud respecto al arroz normal. Asimismo, se pudo constatar que producto extruido cumple con lo establecido por el Reglamento Sanitario de los Alimentos para el arroz tradicional. El producto reconfigurado fue testeado en preparaciones culinarias comunes para este cereal, con excelentes resultados. Adicionalmente se pudo constatar un ahorro significativo del agua necesaria a la cocción, respecto al grano normal. Los productos elaborados con arroz extruido fueron sometidos a un panel de degustación y luego a degustación por evaluadores no entrenados (agricultores productores del cereal), recibiendo un porcentaje de aceptación similar a aquellos preparados con arroz normal. Se realizó un estudio de mercado en tres regiones del país, del cual se pudo deducir un nivel de aceptación similar al del arroz normal y una intención de compra asociada a un precio igual o inferior al arroz tradicional.

CONCLUSIONES

Se comprobó la hipótesis planteada ya que se obtuvo arroz reconfigurado con características similares al arroz tradicional, utilizando el proceso de extrusión. El producto obtuvo un nivel de aceptación similar al arroz normal por parte de evaluadores entrenados y también de público consumidor. La metodología de elaboración fue patentada en Chile.

AGRADECIMIENTO

Proyecto realizado por la Facultad Tecnológica de la Universidad de Santiago de Chile, con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA PI-C-2005-1-A48, Patente 1033-2013), Arrocera Vitacura, de Parral (VII Región) y Sindicato de Agricultores de Los Huiques (VI Región)

BIBLIOGRAFÍA

Chao-Chi, C., A. Yeh. 2004. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. *Journal of Food Engineering* 63 (1): 21–31.

Efecto del Proceso de Cocción Sobre la Firmeza de Plátanos Hartón y Guayabo

Cooking Effect on Firmness of Plantains Harton and Guayabo

Cristina Inés Álvarez¹ y Alejandro Fernández Q²

¹ Ingeniera de alimentos. Estudiante de Doctorado. Universidad del Valle. Escuela Ingeniería de Alimentos. cialtoco@yahoo.com

² Docente Universidad del Valle. Escuela Ingeniería de Alimentos. Ciudad Universitaria Meléndez. Calle13 No 100-00. Cali, Colombia. alejandro.fernandez@correounivalle.edu.co

Resumen. Se investigó la firmeza de plátanos Hartón y Guayabo (*Musa sp*, grupo AAB) en el transcurso de varios procesos de cocción: Cocción en agua (a 76, 86 y 96°C) y cocción con vapor a 10 psig. Se cocinaron trozos de plátano de forma cilíndrica, a los cuales se les realizó pruebas de firmeza en el transcurso del proceso en un rango de tiempo entre 3 y 60 minutos. Se analizó la cinética de pérdida de firmeza y se observó en todos los tratamientos de cocción y para los dos cultivares de plátanos evaluados que la pérdida de firmeza fue mayor en los primeros 9 minutos de tratamiento. El plátano Hartón resultó más susceptible al ablandamiento que el Guayabo al cocinarlo en agua a 76 y 86°C, con valores de la constante cinética de cocción k (min^{-1}) de $0,286 \pm 0,035$ y $0,435 \pm 0,043$ respectivamente.

Palabras clave: Plátanos, cocción en agua, cocción en vapor, ablandamiento, textura.

Abstract. The firmness of plantains Hartón and Guayabo (*Musa sp*, group AAB) during several cooking processes was investigated. The processes included cooking in water (at 76, 86 and 96°C) and in steam at 10 psig. Pieces of plantain of cylindrical shape were tested on their firmness during the cooking process in a time interval from 3 to 60 minutes. The kinetics of loss of firmness was analyzed, observing that in all cooking treatments and for both plantain cultivars the loss of firmness was higher in the first 9 minutes. By observing the loss of firmness, it becomes evident that plantain Hartón is more susceptible to softening when cooked in water at 76 and 86°C as compared with plantain Guayabo, with values of kinetic constant of cooking k (min^{-1}) of 0.286 ± 0.035 and 0.435 ± 0.043 , respectively.

Key words: Plantains, cooking in water, cooking in steam, softening, texture.

INTRODUCCIÓN

La cocción como proceso unitario causa en los productos alimenticios diversos cambios como aquellos asociados con aspectos reológicos, lo que representa gran utilidad en la transformación y consumo de alimentos. Materias primas como el plátano verde que por su contenido de almidón se

ubica a nivel global como uno de los materiales amiláceos de mayor interés después del arroz y el trigo y por hacer parte de los componentes básicos de la dieta en muchas regiones del mundo, ha suscitado interés para su estudio desde el punto de vista científico. Los datos generados a nivel experimental, como los relacionados con la constante de la velocidad de reacción y el tiempo de residencia, pueden ser procesados para calcular el grado de cocción y compararse con puntos fijos que representen vegetales óptimamente cocidos (Álvarez y Ganet, 2002). Mediante investigaciones como el trabajo presentado, se buscó establecer las características texturales de frutos cocidos de dos cultivares de plátano verde colombianos, Hartón y Guayabo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon dos métodos de cocción, en agua y en vapor, utilizando cultivares en estado verde de maduración ($^{\circ}\text{Brix} \leq 9$). La cocción en agua se hizo a presión atmosférica de la ciudad de Cali (670 mm Hg) y a tres temperaturas, 76, 86 y 96°C, esta última correspondiente a la de ebullición, manteniendo la relación agua plátano, 6:1. El vapor estaba a 10 psig. Para el estudio del cambio de la firmeza del plátano en la cocción se prepararon trozos cilíndricos de longitud 4,5 cm, los cuales fueron sometidos a análisis de firmeza en un período de tiempo entre 3 y 60 minutos. En la evaluación de la firmeza se utilizó el equipo EZ-Test (Shimadzu, Japón) con una celda de carga de carga de 500 N, se aplicó test de punción utilizando dispositivo en forma cónica (ángulo de 40°) a una velocidad de penetración de 30mm/min hasta una longitud de 15 mm. Con base en los valores de firmeza obtenidos para cada una de las muestras, se realizó un análisis de cinética de la firmeza, la cual se puede considerar de primer orden, de acuerdo con:

$$\ln(1 - f) = -kt$$

Ecuación 1 (Rizvi y Tong, 1997 y Gibert *et al.*, 2010)

En donde k representa la constante de primer orden de la velocidad de cambio de la firmeza; f representa la relación:

$f = (TPO - TP_t)/(TPO - TP_\infty)$ Ecuación 2 (Rizvi y Tong, 1997 y Gibert *et al.*, 2010)

Siendo TPO, firmeza relativa del material crudo, TP_t, firmeza relativa en el tiempo t y TP_∞ firmeza relativa de equilibrio. Los datos de firmeza se manejan en términos de firmeza relativa, la cual corresponde a la relación, (Firmeza del material cocido en el tiempo t)/(Firmeza del material crudo), (TP_t/TPO). Mediante el software Matlab® versión R2012a, se realizó el análisis estadístico de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

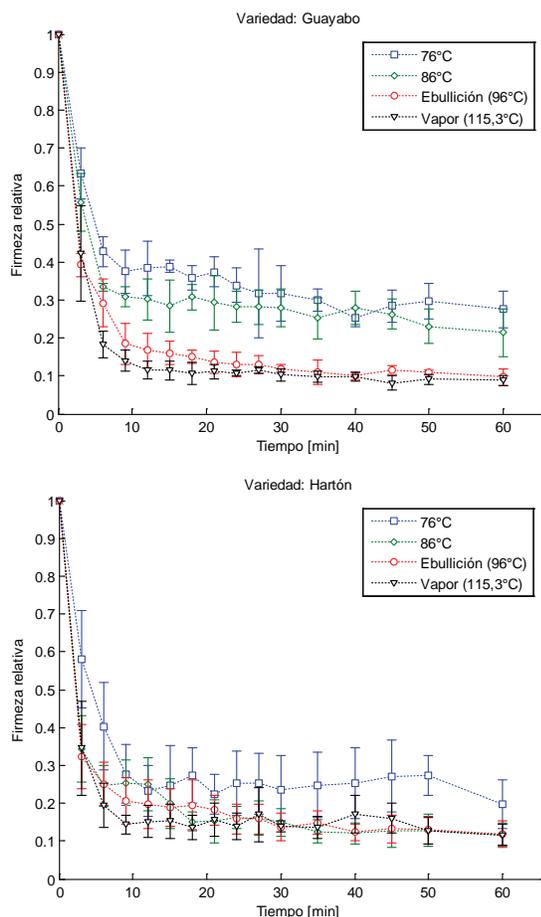


Figura 1. Firmeza relativa a través del tiempo de a) Guayabo, b) Hartón, procesados por cocción a las condiciones indicadas.

En la Figura 1 se observa un marcado descenso de la firmeza de las muestras de Hartón y Guayabo en los primeros minutos de cocción para los cuatro tratamientos empleados, lo que es en parte causado por el hinchamiento en la gelatinización del almidón (Álvarez, 2014), el cual puede generar una presión

sobre la pared celular afectando la estructura del tejido por una separación celular (Qi *et al.*, 2000). Autores como Gibert *et al.* (2010), consideran que el almidón podría contribuir a la firmeza inicial de las variedades de musáceas, puesto que es el principal componente en los plátanos en estado verde de maduración.

Tabla 1. Valores de la constante aparente de velocidad de cambio de la firmeza [k (min⁻¹)] y firmeza relativa en equilibrio en cuatro tratamientos de cocción de plátanos Hartón y Guayabo.

	Constantes	k (min ⁻¹)	TP _∞
HARTÓN	En vapor (115,3°C)	0,466 ± 0,039	0,142 ± 0,007
	En agua a (96°C)	0,467 ± 0,044	0,155 ± 0,008
	En agua a 86°C	0,435 ± 0,043	0,153 ± 0,009
	En agua a 76°C	0,286 ± 0,035	0,242 ± 0,013
GUAYABO	En vapor (115,3°C)	0,374 ± 0,024	0,103 ± 0,007
	En agua a (96°C)	0,318 ± 0,023	0,127 ± 0,008
	En agua a 86°C	0,346 ± 0,040	0,268 ± 0,011
	En agua a 76°C	0,275 ± 0,032	0,325 ± 0,013

Con base en los resultados de la Tabla 1 puede apreciarse que a medida que aumenta la temperatura de cocción en los tratamientos, la constante k se incrementa y la firmeza relativa en equilibrio disminuye, con una notoria reducción en la variedad Guayabo en los tratamientos de agua en ebullición y vapor, pudiendo apreciar la incidencia de la temperatura de cocción en ambos parámetros.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones estudiadas, el tipo de tratamiento de cocción incide en la cinética de ablandamiento del tejido de los plátanos Hartón y Guayabo. También se observa que se afecta en forma diferente el cambio en firmeza de los plátanos verdes Hartón y Guayabo, lo que se explica en parte por el fenómeno de gelatinización del almidón presente en

sus tejidos, pérdida de capacidad de adhesión celular de los materiales que constituyen la lamela media tales como sustancias pécticas, hemicelulosa y lignina. Los valores más altos de firmeza relativa para el Guayabo, podrían estar dados por aspectos propios de su composición, como el contar con una mayor proporción de pectinas de bajo metoxilo, por lo que bajo estas condiciones pueden establecer uniones iónicas con otras moléculas de pectina mediante el Ca^{2+} , generando una red con mayor resistencia a la deformación.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, C. 2014. Propiedades reológicas de frutos y masas de plátanos procesados por cocción y su relación con la modificación del almidón. Tesis doctoral en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali.

Álvarez, M.D. and W. Canet. 2002. A comparison of various rheological properties for modelling the kinetics of thermal softening of potato tissue (c.v. Monalisa) by water cooking and pressure steaming. *International Journal of Science and Technology*. 37(1): 41-55.

Gibert, O., A. Giraldo, S. Uclés, T. Sánchez, A. Fernández, P. Bohuon, M. Reynes, A. González, J.P. Pain, and D. Dufour. 2010. A kinetic approach to textural changes of different banana genotypes (*Musa sp.*) cooked in boiling water in relation to starch gelatinization. *Journal of food engineering*. 98(4): 471-479.

Qi, B., K.G. Moore and J. Orchard. 2000. Effect of cooking on banana and plantain texture. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 48(9): 4221-4222.

Rizvi, A.F. and C.H. Tong. 1997. Fractional conversion for determining texture degradation kinetics of vegetables. *Journal of Food Science*. 62(1): 1-7.

Evolución de la Fermentación en Mosto de Maracuyá (*Passiflora edulissims*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*) ***Evolution of Fermentation Maracuyá Wort (*Passiflora edulissims*) and Cholupa (*Passiflora maliformis*)***

Claudia amorochoc. ¹; Cindy bernal I. ²; Daniel castro c. ³

¹ Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana- Neiva claudiamilena.amorocho@usco.edu.co

² Estudiante. Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana- Neiva. cindykat16@gmail.com

³ Estudiante. Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana- Neiva. danielmauriciocastro@hotmail.com

Resumen. El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de vino de maracuyá (*Passiflora edulissims*) y cholupa (*Passiflora maliformis*) mediante el proceso de fermentación del mosto de las respectivas frutas inoculados con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (marca *fleischmann*). Después de la evaluación fisicoquímica del proceso de fermentación de cada ensayo mediante análisis de acidez y sólidos solubles, se concluyó que el vino obtenido a partir de maracuyá presentó una acidez de $2,3 \pm 0,09$; mientras que la cholupa mostro al final un valor de $1,7 \pm 0,1$; los contenidos finales de sólidos solubles de maracuyá y cholupa fueron de $8,4$ y $6,9$ °Brix, respectivamente.

Palabras clave: *Saccharomyces cerevisiae*, mosto, propiedades fisicoquímicas.

Abstract. The objective of this research was to evaluate the production of passion fruit (*Passiflora edulissims*) and cholupa (*Passiflora maliformis*) wine through the process of

*fermentation of the juice of the respective fruits inoculated with yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Fleischmann brand). After physicochemical evaluation of the fermentation process by acidity analysis and soluble solids content test, it is concluded that wine obtained from passion fruit provided an acidity of 2.3 ± 0.09 ; while at the end cholupa showed a value of 1.7 ± 0.1 ; final content of passion fruit and cholupa soluble solids were 8.4 and 6.9 °Brix, respectively.*

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, must, physicochemical properties

INTRODUCCIÓN

El maracuyá amarillo (*Passiflora edulissim*) y la cholupa (*Passiflora maliformis* L.) son frutas de clima tropical muy apreciadas por la calidad de su jugo; el departamento del Huila se destaca por ser uno de los principales productores de estas dos pasifloras en el país, con una producción de 19.000

toneladas/año de maracuyá y 1072 toneladas/año de cholupa (Gobernación del Huila, 2011), la cual se destina en su mayoría al consumo en fresco. La preparación de vinos de fruta es una práctica desarrollada a nivel artesanal en el país, mientras que en el ámbito internacional va en aumento a nivel industrial en búsqueda de innovación. Para la elaboración de estas bebidas se ha utilizado con mayor frecuencia uva, mora, manzana, y fresa alcanzando buenos resultados; los consumidores están prestos a experimentar nuevos y exóticos sabores, lo que se alcanza con la mezcla de frutas no tan utilizadas en estos procesos (Olivero *et al.*, 2011). Otras investigaciones realizadas muestran el uso de frutas tropicales como naranja, papaya y sandía, en la fabricación de bebidas fermentadas, uno de estos estudios es el desarrollado por Bedoya *et al.*, (2005) en donde analizan el comportamiento de la naranja dulce (*Citrus sinensis* Osbeck) durante la fermentación, evaluando tres concentraciones distintas de sólidos solubles (16, 20 y 25) y dos cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, teniendo como resultado que el vino a 25 °Brix tuvo mayor aceptabilidad puesto que presentó las mejores características organolépticas. Por otro lado, Aguilar y Hernández (2006) identifican y valoran las características favorables de la naranja, papaya, sandía, manzana y pera para la fabricación de vinos, adicionando nutrientes y azúcares para hacer más agradable la bebida, teniendo como resultado que el vino de manzana fue el que presentó mayor aceptación, pero que en general todos tuvieron una calificación aceptable. El objetivo del presente estudio fue evaluar algunas variables que influyen en el proceso fermentativo de dos tipos de bebidas fermentadas a base de maracuyá y cholupa, proponiendo así nuevas proyecciones para la industria agroalimentaria del departamento del Huila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la extracción del mosto se utilizaron frutos de maracuyá y cholupa en estado de madurez comercial; los frutos fueron lavados en una solución de 4% de ácido acético (CH_3COOH), despulpados, licuados y tamizados hasta obtener 2500 ml de mosto; se adicionó azúcar comercial hasta alcanzar una lectura de 20 °Brix en los dos tratamientos; los mostos se almacenaron en frascos de vidrio de 5L previamente esterilizados. La preparación del inoculo se realizó empleando levadura comercial *Saccharomyces cerevisiae* (marca fleischmann), cumpliendo con la relación de 1 gr de levadura por cada 100 ml de mosto, después de inocular y homogenizar se sellaron los recipientes con tapa y se adaptó en la parte superior una manguera para facilitar la salida de CO_2 . Estos se incubaron a temperatura de 27°C durante 30 días. Se realizaron tres repeticiones para cada tipo de fruta. Se tomaron muestras para

análisis a los 0, 4, 7, 10, 15, 22 y 28 días de almacenamiento, determinando contenido total de azúcar con un refractómetro (Atago pocket 0-85, pal-A (alfa) método del refractómetro (AOAC-932.12) y acidez total de acuerdo al método (AOAC-942.15). Se empleó el programa informático Statgraphics Centurion XV.II para realizar el análisis estadístico. Se hizo un análisis de varianza simple (ANOVA) para acidez, pH y grados Brix en función del tiempo en la fermentación de maracuyá y cholupa. El t-test ANOVA comprueba si existe alguna diferencia significativa entre medias. En caso afirmativo, el test de rangos múltiples de HSD Tukey muestran las medias que son significativamente diferentes. Las diferencias entre medias fueron consideradas significativas cuando $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El jugo de maracuyá se encontró con una acidez de 3,1% de ácido cítrico y se ajustó a 21°Brix; para la cholupa la acidez inicial fue de 1,7% de ácido cítrico y se ajustó a 20°Brix. El maracuyá se caracteriza por tener una acidez mayor que la cholupa (Figura 2).

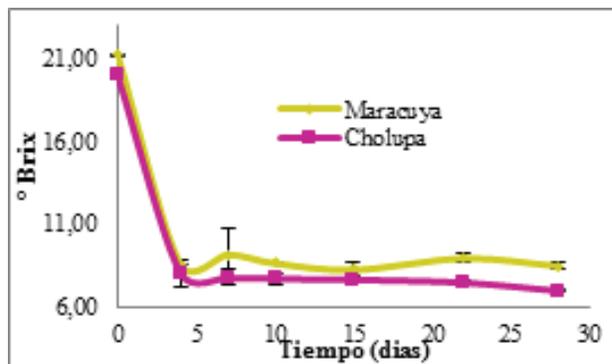


Figura 1. Variación de °Brix a través del tiempo

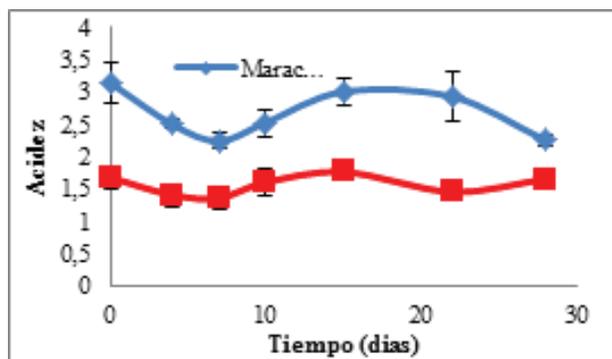


Figura 2. Cambios en % acidez de ácido cítrico del mosto de maracuyá y cholupa durante el proceso de fermentación

Los °Brix se ajustan en la etapa inicial a 20 con el fin de crear condiciones idóneas para el crecimiento de las levaduras, en la figura 1 se puede observar el descenso abrupto de °Brix los primeros 4 días debido al crecimiento de *Sacharomyces cerevisiae*. Se encontró que hay diferencia estadísticamente significativa entre el día 0 y los demás días ($P= 0,0000$) para ambos tratamientos; además, la cholupa también presenta diferencias entre los días 4 y 28, 7 y 28 ($P= 0,0000$). En el proceso de fermentación de cada fruta, la glucosa y fructosa presente en el medio se transforma en CO_2 y alcohol (Madigan, 2009) y como resultado disminuye los sólidos solubles, después se tiene una tendencia constante sin variaciones significativas, posiblemente por la acción antiséptica que genera el alcohol producido, limitando así el crecimiento de la población de levaduras (López, 2012). Además, según Blouin (2003) en las últimas etapas del proceso, el contenido de azúcar varía muy poco mientras que el contenido aromático aumenta considerablemente. En la Figura 2 se presenta el cambio en la acidez total de los tratamientos evaluados y se puede observar que para ambos ensayos se da un descenso de acidez, según Suarez (2003), la tendencia a disminuir está relacionada con la fermentación maloláctica, en la que el ácido málico se transforma en ácido láctico y carbónico; de esta transformación resulta una pérdida en la acidez fija, ya que el ácido málico contiene dos funciones ácidas mientras que el ácido láctico contiene solo una, esto quiere decir que una parte de la acidez de la bebida fermentada se transforma en gas carbónico el cual se desprende y se elimina; tal como se apreció en los primeros días de la fermentación. El incremento de la acidez en los días 7, 10 y 15 en la bebida fermentada de maracuyá y cholupa se debe a la formación de subproductos ácidos durante esta etapa de la fermentación alcohólica, teniendo en cuenta que la acidez total es la suma de todos los ácidos presentes en el vino. El análisis estadístico muestra que hay diferencias significativas en la acidez entre los días 0-7, 0-28, 7-15, 7-22, 15-28, 22-28 ($P= 0,0011$) en el proceso de maracuyá y en el caso de cholupa, los días 0-7, 4-15, 7-15 y 15-22 ($P=0,0025$). Las bebidas fermentadas de maracuyá y cholupa después de 28 días difieren en los datos de acidez y °Brix, sin embargo, muestran tendencias similares.

CONCLUSIÓN

Después de realizar un proceso de fermentación con mosto de maracuyá y cholupa, se obtiene una bebida fermentada de maracuyá con $2,3 \pm 0,09$ de acidez y 8,4% de sólidos solubles y para cholupa, la acidez de $1,7 \pm 0,10$ y 6,9% de sólidos solubles, cada vino con las características aromáticas propias de cada fruta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Morales, A.O., D.R. Hernández-Henriquez. 2006. Elaboración a nivel de laboratorio de vino a partir de fruta: manzana, naranja, papaya, pera y sandía. Tesis de pregrado en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". San Salvador. 108 p.
- AOAC, 1998. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, 16th edition, volume II, food composition; additives; natural contaminants
- AOAC, 1998. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, edited by Patricia Cunniff, sixteenth edition, 4th revision, 1998, volume II 1998 current through March 1998 revision.
- Bedoya, D., E. Gomez., D. Luján., J. Salcedo. 2005. Producción de vino de naranja dulce (*Citrus sinensis* Osbeck) por fermentación inducida comparando dos cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. *Temas Agrarios* 10(2):26-34
- Blouin, Jacques. 2003. *Enología Práctica, Conocimiento y elaboración del vino*. Cuarta Edición. Editorial Mundi-Prensa. España. 353 p.
- Gobernación del Huila. 2011. Anuario estadístico del Huila 2011. En: Gobernación del Huila. Secretaría de agricultura y minería. En: <http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/OBSERVATORIO%20DE%20TERRITORIOS%20RURALES/ANUARIO%20ESTADISTICO%20AGROPECUARIO%20DEL%20HUILA%20A%C3%91O%202011.pdf>. 183 - 210p Consulta: febrero 2014.
- López, J.R. 2012. Hablando de vinos. En *Industria Alimenticia*, <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/hablando-de-vinos>; consulta: Febrero 2014
- Madigan M.T., J.M Martinko., P.V Dunlap and D.P Clark. 2009. *Brock Biología de los microorganismos*. Pearson. 829-831p
- Olivero R., Y. Aguas y K. Cury. Evaluación del efecto de diferentes cepas de levadura (Montrachet, K1-V1116, EC-1118, 71B-1122 y IVC-GRE) y clarificantes sobre los atributos sensoriales del vino de naranja criolla (*Citrus sinensis*).
- Suárez, J. 2003. Sensory profile of wine after malolactic fermentation. En *El centro de recursos sobre percepción y ciencias sensoriales*. En: http://www.perceptnet.com/cien11_03.htm; consulta: Febrero 2014.

Modelos para predecir el factor de esparcimiento máximo de formulaciones de recubrimiento de gelatina

Models to predict the maximum spread factor of gelatin coating formulations

Ricardo D. Andrade¹, Olivier Skurtys², Fernando Osorio³

¹ Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, rdandrade@correo.unicordoba.edu.co

² Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

³ Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

Resumen. En este trabajo se evaluaron los modelos más utilizados para predecir el factor de esparcimiento máximo (ξ_{max}) al impactar gotas de formulaciones de recubrimiento comestible (FRC) a base de gelatina, glicerol y nanofibra de celulosa sobre los epicarpios de plátano y berenjena. Las gotas de las FRC se generaron a partir de un sistema controlado bomba-jeringa, y las imágenes fueron captadas por una cámara de alta velocidad y determinando el diámetro de esparcimiento máximo por el programa ImageJ. Los modelos reportados en la literatura no predicen los datos experimentales del ξ_{max} de las FRC, debido a que estas se comportan como fluidos no Newtonianos, por lo cual se propone una modificación de estos modelos para predecir el ξ_{max} en fluidos pseudoplásticos consistente en incluir la viscosidad efectiva (viscosidad aparente a un gradiente de deformación promedio).

Palabras clave: recubrimientos comestibles, aspersion, fluido no Newtoniano, viscosidad efectiva.

Abstract. In this work, the models to predict the maximum spread factor (ξ_{max}) upon impact drops of edible coating formulations (ECF) based on gelatin, glycerol and cellulose nanofiber on banana and eggplant epicarps were evaluated. Drops of ECF were generated from a pump-controlled syringe system, and a high-speed camera captured images, determining the maximum spread diameter by ImageJ program. The models reported in the literature do not predict the experimental data of ξ_{max} , because the ECF as non-Newtonian fluids, so a modification of these models are proposed to predict ξ_{max} in pseudoplastic fluids, which is including effective viscosity (apparent viscosity determined at average shear rate).

Key words: edible coatings, spray, non-Newtonian fluid, effective viscosity.

INTRODUCCIÓN

En aplicaciones de recubrimiento por aspersion es muy importante el comportamiento al impacto de gotas sobre superficies solidas; en particular, las gotas cuando

impactan una superficie solida, pueden rebotar, salpicar, o depositarse, esto último claramente es lo deseable (Andrade *et al.*, 2012; Bolleddula *et al.*, 2010). An y Lee (2012) reportan que bajo condiciones de impacto idénticas, el diámetro de esparcimiento máximo de gotas pseudoplásticas son mayores que el presentado en gotas Newtonianas, a pesar de que muestran una morfología de impacto similar.

Para seleccionar las mejores condiciones de funcionamiento en aplicaciones de recubrimiento por aspersion es importante predecir el factor de esparcimiento máximo (ξ_{max}) del impacto de gotas sobre superficie sólida. Los modelos reportados en la literatura para fluidos Newtonianos están en función de los números adimensionales de Reynolds, Weber y Ohnesorge. Diferentes modelos son utilizados para predecir ξ_{max} , entre los que se tienen: Jones (1971), Asai *et al.* (1993), Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.* (2002) y Andrade *et al.* (2012). El objetivo de este trabajo fue evaluar estos modelos y proponer una modificación para predecir ξ_{max} en fluidos pseudoplásticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Banano (*Musa sapientum* var. *paradisíaca*) y berenjena (*Solanum melongena* L.) se adquirieron en supermercados de Santiago de Chile. La energía libre de superficie de los epicarpios de banano y berenjena es 39,29 y 33,06 mN.m⁻¹, respectivamente. Para la preparación de las FRC se utilizó gelatina de piel bovina Tipo B (180 Bloom), glicerol y nanofibras de celulosa (NFC), estas últimas producidas por el grupo de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Las FRC se realizaron con las siguientes concentraciones: 0,6; 1,3 y 2 %m/v de gelatina, 10; 15 y 20 %m/m de glicerol, y 1; 3 y 5 %m/m de NFC. Las propiedades físicas y el diámetro inicial de las gotas (D_0) de las FRC se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de las formulaciones de recubrimiento comestible a 20°C y diámetro de la gota antes del impacto (D_0)

Corrida	Concentración			Propiedades físicas					
	G %m/v	g %m/m	C %m/m	ρ kg.m ⁻³	γ_{LV} mN.m ⁻¹	n	K Pa.s ⁿ	D_0 mm	
S1	2,0	15	5	1084,8	64,6	0,68	0,094	3,50	
S2	0,6	20	3	1080,1	67,7	0,74	0,027	3,52	
S3	1,3	20	5	1081,4	65,5	0,74	0,025	3,50	
S4	1,3	15	3	1081,7	66,6	0,69	0,052	3,52	
S5	1,3	20	1	1083,1	65,9	0,56	0,062	3,47	
S6	1,3	15	3	1083,8	66,7	0,69	0,052	3,50	
S7	2,0	15	1	1085,3	65,2	0,71	0,082	3,50	
S8	2,0	10	3	1085,5	65,0	0,60	0,104	3,52	
S9	1,3	10	5	1083,6	65,4	0,60	0,060	3,49	
S10	0,6	15	5	1080,6	65,2	0,71	0,022	3,48	
S11	2,0	20	3	1085,7	64,9	0,65	0,061	3,44	
S12	1,3	10	1	1082,1	65,6	0,59	0,066	3,51	
S13	0,6	10	3	1080,7	68,1	0,75	0,027	3,53	
S14	1,3	15	3	1083,8	66,5	0,67	0,058	3,52	
S15	0,6	15	1	1080,4	69,9	0,74	0,026	3,56	

G: gelatina g; glicerol NFC: nanofibras de celulosa

Los experimentos de impacto de gotas se realizaron a tres valores de velocidad de impacto, U_0 (1,4; 2,4 y 3,13 ms⁻¹). La bondad de los modelos para predecir el ξ_{max} se evaluó utilizando el coeficiente de determinación (R^2), error medio cuadrático (EMC), factor de sesgo (B_f) y porcentaje de discrepancia (D_f) entre los datos observados (y_0) y predichos (y_p).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ninguno de los modelos evaluados predice los valores experimentales de ξ_{max} (ver Figura 1), presentando porcentajes de discrepancia mayores al 40 %. Además todos los modelos subestiman el valor experimental de ξ_{max} ($B_f < 1$). Esto es debido a que las FRC evaluadas exhiben un comportamiento no Newtoniano (fluido pseudoplástico). De acuerdo con An y Lee (2012), en condiciones de impacto idénticos, ξ_{max} de un fluido pseudoplástico es mayor que el de un fluido Newtoniano que tienen la misma viscosidad a deformación cero, pero más pequeño que un fluido Newtoniano con la misma viscosidad a deformación infinita. Debido a lo anterior, se propone incluir en los modelos un valor del gradiente de deformación en función de la velocidad de impacto. Para esto se supone que durante el esparcimiento de la gota sobre una superficie sólida, ésta forma un disco cilíndrico y que la velocidad varía solamente en la dirección r (Chandra y Avedisian, 1991); además se determina el gradiente de deformación promedio correspondiente a la pendiente de la función de la velocidad de la laminilla con relación al espesor, para cada velocidad de impacto. Para las FRC estudiadas se obtuvo pendiente ≈ 1395 . Por lo anterior la viscosidad aparente a un gradiente de deformación promedio (viscosidad efectiva, η_{ef}) para un fluido que cumple la ley de potencia se puede determinar por la ecuación: $\eta_{ef} = K(1395U_0)^{n-1}$.

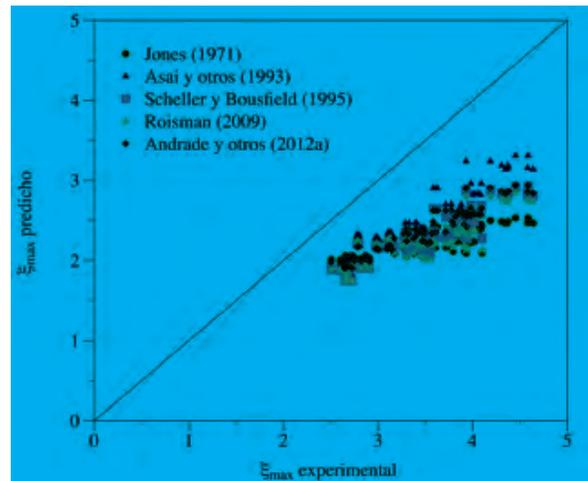


Figura 1. Comparación de los valores experimentales y predichos por los modelos del factor de esparcimiento máximo para FRC.

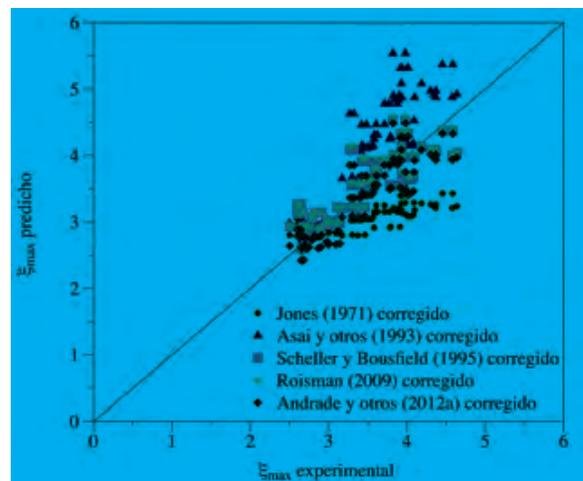


Figura 2. Comparación de los valores experimentales y predichos por los modelos modificados del factor de esparcimiento máximo para FRC.

En la Figura 2 se observa que para todos los modelos, la introducción de la viscosidad efectiva mejora la predicción de los valores experimentales de ξ_{max} . Esto se evidencia en una reducción del porcentaje de discrepancia (D_f) en los diferentes modelos modificados propuestos por Jones (1971) (72,8 %), Asai *et al.* (1993) (63,5 %), Scheller y Bousfield (1995) (86,4%), Roisman *et al.* (2009) (86,8%), y Andrade *et al.* (2012) (84,9%). Finalmente, cuando se incluye la viscosidad efectiva a los modelos propuestos por Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.* (2002) y Andrade *et al.* (2012), estos predicen satisfactoriamente los datos experimentales de ξ_{max} .

presentando D_i menores del 10 % y errores medio cuadrático (EMC) menores a 0,034.

CONCLUSIÓN

Los modelos evaluados en este estudio no predicen adecuadamente los valores experimentales del factor de esparcimiento máximo, debido a que las FRC a base de gelatina, glicerol y nanofibra de celulosa, presentan un comportamiento pseudoplástico, por lo cual su viscosidad aparente cambia durante la fase de esparcimiento. La inclusión de una viscosidad aparente promedio que represente los cambios de viscosidad durante el esparcimiento de una gota impactando sobre una superficie sólida (viscosidad efectiva), mejora ostensiblemente la predicción de los modelos propuestos por Jones (1971), Asai *et al.* (1993), Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.* (2002) y Andrade *et al.* (2012).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto 1130587 FONDECYT y O.S agradece al proyecto 1120661 FONDECYT por el apoyo financiero.

BIBLIOGRAFÍA

- An, S.M. and S.Y. Lee. 2012. Maximum spreading of a shear-thinning liquid drop impacting on dry solid surfaces. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38(0): 140 – 148.
- Andrade, R.D., O. Skurty and F. Osorio. 2012. Experimental study of drop impacts and spreading on epicarps: Effect of fluid properties. *Journal of Food Engineering*, 109(3): 430 – 437.
- Bolledulla, D.A., A. Berchielli, and A. Aliseda 2010. Impact of a heterogeneous liquid droplet on a dry surface: Application to the pharmaceutical industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 159(2): 144–159.
- Chandra, S. And C.T. Avedisian. 1991. On the Collision of a Droplet with a Solid Surface. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences*, 432(1884): 13–41.
- Jones, H. 1971. Cooling, freezing and substrate impact of droplets formed by rotary atomization. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 4(11): 1657– 1660.
- Roisman, I.V, R. Rioboo, and C. Tropea. 2002. Normal impact of a liquid drop on a dry surface: Model for spreading and receding. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 458(2022): 1411–1430.
- Scheller, B.L. and D.W. Bousfield. 1995. Newtonian drop impact with a solid surface. *AIChE Journal*, 41(6): 1357–1367.

Microencapsulation of Annatto (*Bixa orellana L.*) Seed Extract: Yield, Encapsulation Efficiency and Color Characteristics

Microencapsulación de Extracto de Achiote (*Bixa Orellana L.*): Rendimiento, Eficiencia de Encapsulación y Características de Color

Serra, C. F. V; Aranha, C. P. M; Telis, V. R. N¹.

¹ Institute of Biosciences, Language Studies and Exact Sciences, São Paulo State University, Cristovão Colombo Street, 2265, 15054-000, São José do Rio Preto, Brazil. caiofvserra@hotmail.com

Abstract. *The present study aimed to evaluate the effect of different concentrations of carrier agents - maltodextrin DE 10 (MD), modified corn starch (AM) and gum Arabic (GA) - in the microencapsulation by spray drying of annatto seed extract. Yield, encapsulation efficiency (EE) and color of the microcapsules were evaluated to select the best formulations. The yield of microcapsules ranged from 52.36% to 94.93%, with ternary blends of the carrier agents resulting in higher yield values. The higher value of EE was 95.16%, obtained for the encapsulating matrix formed by 1/3 AM: 2/3 GA. Encapsulants composed of modified starch and gum Arabic*

resulted in better values of the color parameters hue angle and L, while matrices with maltodextrin produced capsules with best chroma.*

Key words: *Bixin; spray drying; maltodextrin; Arabic gum; modified starch*

Resumen. *El presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de diferentes concentraciones de agentes encapsulantes - maltodextrina DE 10 (MD), almidón modificado de maíz (AM) y goma arábiga (GA) - en la microencapsulación mediante secado por aspersión del extracto de achiote. Se evaluó el*

rendimiento, la eficiencia de encapsulación (EE) y el color de las microcápsulas para la selección de las mejores formulaciones. El rendimiento de microcápsulas varió desde 52,36% hasta el 94,93%, con mezclas terciarias de los encapsulantes resultando en los valores más altos. La mejor EE fue de 95,16%, obtenida para el encapsulante compuesto de 1/3 AM: 2/3 GA. Los encapsulantes compuestos de almidón modificado y goma arábica resultaron en los mejores valores de los parámetros de color ángulo de hue y L*, mientras que matrices con maltodextrina produjeron cápsulas con mejor cromaticidad.

Palabras clave: Bixina, atomización, maltodextrina, goma arábica, almidón modificado.

INTRODUCTION

The progress in use of natural pigments comes from growing consumer demand for natural products that can offer health-promoting effects. Natural dyes usually vary in their chemical and physical properties because many are sensitive to oxidation, pH change and light. The microencapsulation technique carries the pigment particles in a protective network that stabilizes and protects the dye from the external factors (Downham and Collins, 2000). The annatto (*Bixa orellana* L.) seed pigments are the most broadly used in the food industry, being used for dyeing margarine, sausages, snacks, and cheese (Rios *et al.*, 2013). The use of annatto as a natural pigment to coloring foods can be facilitated by microencapsulation of the seed extract by spray drying in polysaccharide matrices.

The objective of this study was to evaluate the effect of maltodextrin 10 DE (MD), modified corn starch (AM) and gum Arabic (GA) blends at different proportions on the microencapsulation of annatto seed extract by spray drying.

MATERIAL AND METHODS

The materials used in this study were: annatto seed extract (TEBRACC, Itaquaquecetuba, Brazil), Maltodextrin 10 DE (Mor-Rex® 1910, Corn Products, Brazil), modified corn starch (HiCap 100, National Starch, São Paulo, Brazil) and gum Arabic (Synth, São Paulo, Brazil).

For preparation of microcapsules, annatto seed extract was dispersed in the encapsulant matrices using a homogenizer (Turratec - TE 102, Tecnal), operating at 18000 rpm for 10 minutes. Atomization was carried out in a bench top spray dryer (model B-290, Büchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland) with airflow rate of 536 L/h, feed flow rate of 4 mL/min and inlet air temperature of 170 °C. The yield of spray drying was measured by the ratio between the collected mass of microcapsules at the dryer outlet and the mass

of dry matter contained in the feed solution. The EE was determined as the ratio between bixin retained into the microcapsules and the total content of bixin added to the emulsions, as proposed by McNamee, O'Riordan and O'Sullivan (2001). Color analysis was carried out using a Hunter colorimeter (D25-2 HunterLab, USA), measuring the color parameters L* (brightness), a* (+a=red, -a=green) and b* (+b=yellow, -b=blue), and calculating the parameters hue angle and chroma (chromaticity). The results of analytical determinations, always in triplicate, were analyzed using the Statistica software.

$$\% EE = \frac{(\text{Total bixin} - \text{Surface bixin})}{\text{Total bixin}} \times 100$$

$$\% EE = \frac{(\text{Total bixin} - \text{Surface bixin})}{\text{Total bixin}} \times 100$$

RESULTS AND DISCUSSION

Values of yield, EE, and color parameters for each dried formulation are shown in Table 1. The microcapsule yields were between 52.36% and 94.93% and the ternary blends resulted in higher yields, with values of 92.16% (1/3 MD: 1/3 AM: 1/3 GA) to 94.93% (1/6 MD: 1/6 AM: 2/3 GA), while the highest yields for binary and pure solutions were 90.73% (2/3 AM: 1/3 GA) and 75.20% (AM), respectively. Encapsulants, such as modified corn starch have lower viscosity which allows better pumping the emulsion with better atomization and more rapid drying of the particles, which reduces the loss of material and prevents the formation of ring adhered to the walls of the dryer and consequent loss yield. Binary blends of starch and gum Arabic presented the best EE values: 95.16% (1/3 AM: 2/3 GA) and 93.17% (1/3 GA: 2/3 AM), followed by good results of the ternary blends, which ranged from 86.87% (2/3 MD: 1/6 AM: 1/6 GA) to 90.83% (1/3 MD: 1/3 AM: 1/3 GA). Barbosa and Mercadante (2008) obtained similar results for maltodextrin and gum Arabic blends, with yield of 60% and EE of 81%. De Marco *et al.* (2013) also observed close results with yield of 75.69%.

The color attributes can be better visualized by the response surfaces presented in Figure 1. The formulation 1/3 AM: 2/3 GA showed better value for L* and hue angle, 52.09 and 41.42°, respectively. For the chroma parameter, all ternary blends showed good results, ranging from 47.84 (1/6 MD: 1/6 AM: 2/3 GA) to 49.90 (1/3 MD: 1/3 AM: 1/3 GA), although the blends 2/3 MD: 1/3 GA (50.62) and the pure solution of MD (49.00) resulted in the best values for chroma.

Table 1 – Yield, EE and color parameters of microcapsules produced with different wall matrix formulations.

Formulation	Yield (%)	EE (%)	L	Hue (°)	Chroma
1 MD	58.86	69.75±1.35	60.70±0.30	48.02	49.00
1 AM	75.20	88.74±0.91	60.84±0.07	46.02	48.42
1 GA	55.88	87.53±3.98	62.46±0.02	47.78	45,55
1/3 MD: 2/3 AM	76.17	82.37±3.59	65.35±0.04	47.30	42.54
1/3 MD: 2/3 GA	57.16	88.08±2.42	57.68±0.71	46.04	42.04
1/3 AM: 2/3 GA	52.36	95.16±1.76	52.09±0.40	41.42	44.14
2/3 MD: 1/3 AM	88.96	86.13±2.73	63.65±0.20	47.04	46.30
2/3 MD: 1/3 GA	84.57	76.96±1.20	59.52±0.10	47.21	50.62
2/3 AM: 1/3 GA	90.73	93.17±1.97	60.73±0.15	45.78	47.25
1/3 MD: 1/3 AM: 1/3 GA	92.16	90.83±1.21	58.91±0.12	45.94	49.90
2/3 MD: 1/6 AM: 1/6 GA	93.36	86.87±1.35	61.18±0.04	47.10	48.90
1/6 MD: 2/3 AM: 1/6 GA	93.59	90.29±0.47	58.88±0.09	45.75	49.73
1/6 MD: 1/6 AM: 2/3 GA	94.93	89.95±1.01	58.34±0.12	45.94	47.84
1/3 MD: 1/3 AM: 1/3 GA	94.08	90.33±0.99	60.53±0.47	46.49	48.41

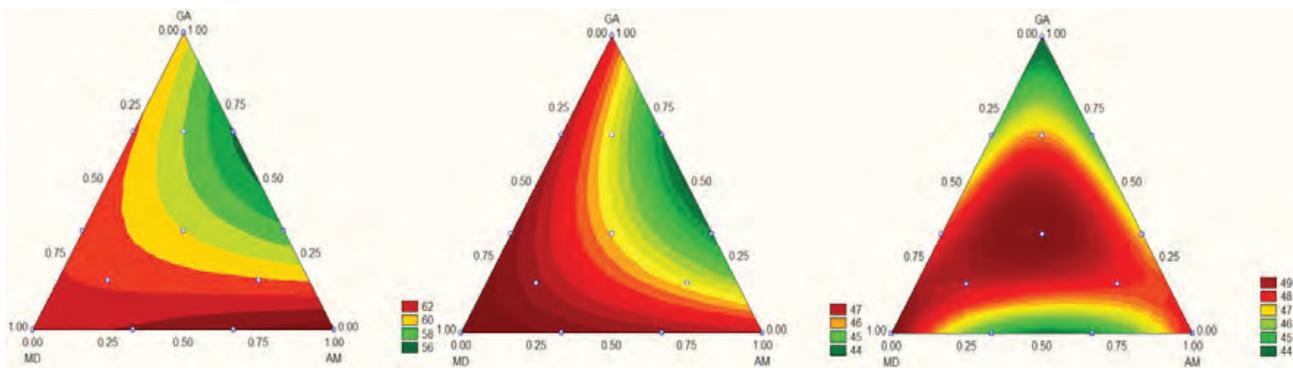


Figure 1 - Response surfaces for color parameters: (a) L*; (b) hue angle; (c) chroma.

CONCLUSION

Ternary blends of maltodextrin, modified corn starch and gum Arabic showed good results for yield, encapsulation efficiency, and color parameters, indicating that the interaction between the polysaccharides improves the performance of the encapsulation matrices for annatto seed extract. Binary formulations of modified starch and gum Arabic also provided good results for encapsulation efficiency and to color parameters L* and hue angle.

ACKNOWLEDGEMENTS

To CNPq (Processes 476927/2012-9 and 114414/2013-0).

BIBLIOGRAPHYS

Barbosa, M.I.M.J. and A.Z. Mercadante. 2008. Avaliação da estabilidade das microcápsulas de bixina em diferentes

matrizes alimentícias. *Tecnologia & Ciência Agropecuária* 2(1): 23-26.

De Marco R., A.M.S. Vieira, M.A. Ugri, A. Monteiro, A. Monteiro and R. Bergamasco. 2013. Microencapsulation of annatto seed extract: stability and application. *Chemical Engineering Transactions* 32: 1777-1782.

Downham, A. and P. Collins. 2000. Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology* 35(1): 5-22.

McNamee, B. F., E.D. O'Riordan and M. O.Sullivan. 2001. Effect of partial replacement of gum Arabic with carbohydrates on its microencapsulation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(7): 3385-3388.

Rios, A.O., C.D. Borsarelli and A.Z. Mercadante. 2005. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(6): 2307-2311.

Reducción de la Ácidez de Chips de Oca (*Oxalis Tuberosa*) por Fritura al Vacío

Reduction of Oca (*oxalis tuberosa*) Chips Acidity by Vacuum Frying

Andrés Suntaxi¹; Gabriela Vernaza²; Juan Bravo³

¹ Ingeniero de alimentos, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial

² Profesor titular, Centro de Investigación de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Occidental. Quito-Ecuador. bvje2633@ute.edu.ec

³ Profesor titular, Centro de Investigación de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Occidental. Quito-Ecuador. bvje2633@ute.edu.ec

Resumen. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de aplicar pretratamientos, en la acidez de chips de oca, procesado por fritura al vacío. Previo a la fritura, las rodajas de oca fueron sometidas a un escaldado y deshidratación osmótica, la fritura se realizó a dos niveles de presión, a una temperatura y durante dos tiempos. Los resultados indican que la aplicación de estos pretratamientos reduce considerablemente la acidez de la oca.

Palabras clave: Pretratamientos, Ácido oxálico, Grasa

Abstract. The aim of this study was to determine the effect of applying pretreatments in the acidity of oca chips prior to vacuum frying. Before frying, oca slices were subjected to blanching and osmotic dehydration. Frying was performed at two levels of pressure, at one temperature and for two different times. The results indicate that the application of these pretreatments significantly reduces the acidity of oca chips.

KEYWORDS: Pretreatments, Oxalic acid, Fat.

INTRODUCCIÓN

La oca (*Oxalis tuberosa*) es uno de tubérculos nativos de los Andes de América del sur, que contiene ácido oxálico, lo que no permite un consumo frecuente de este producto, y por otro lado se busca el rescate y cultivo de raíces y tubérculos andinos, mediante su industrialización y la obtención de productos con gran valor agregado (Barrera, *et al.*, 2004).

La tendencia actual en el consumo de snack se orienta hacia productos bajos en grasas, azúcares y compuestos antinutricionales, además éstos productos deben cumplir con requerimientos en cuanto a sabores, texturas y colores apetecibles a los sentidos del ser humano, productos que ofrezcan al consumidor la misma experiencia que la que obtuviera con cualquier snack del mercado (Dueik y Bouchon, 2011).

Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de aplicar pretratamientos, en el contenido de ácido de la oca, procesada como chips por fritura al vacío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó oca, de la variedad chaucha, las cuales fueron adquiridas en el mercado local. Los tubérculos fueron seleccionados, lavados con agua potable. Se cortaron en rodajas de un espesor de 2.0 ± 0.5 mm, con una rebanadora eléctrica, marca Aurora FS04, China. Una parte de las rodajas se sometieron a un pre tratamiento que consistió en un escaldado en agua a 91°C por 5 min seguido de una deshidratación osmótica en una solución de azúcar invertida (50°Brix) a 65°C por 60 min. Finalmente 200g de rodajas, fueron fritas en 14L de aceite de origen vegetal (Danolin FRI-3317) en un sistema de fritura al vacío. La temperatura de fritura fue de 110°C , y a dos presiones (4.4 y 11.3kPa). Otro lote de rodajas fue frito inmediatamente sin pasar por el pre tratamiento. En la muestra frita se determinó la humedad y grasa siguiendo las metodologías oficiales de la AOAC (2005) y la acidez titulable por el método descrito en Álvarez (2010). Los resultados fueron analizados mediante ANOVA multifactorial y Tukey ($p < 0,1$), con el Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos se evidencia que la aplicación de pre tratamientos no tiene efectos significativos sobre el contenido de humedad de los chips de oca (Tabla 1). El análisis de varianza no demostró diferencia entre las muestras que sí tuvieron tratamientos previos y aquellas que no.

Para el analito y en la misma presión de fritura, diferentes letras indica diferencia significativa ($p < 0.1$)

La aplicación de pre tratamientos, tiene un efecto significativo sobre el contenido final de grasa (Tabla 1). Este comportamiento evidencia que al aplicar la deshidratación osmótica en las rodajas de oca previamente escaldadas, se produce un taponamiento de los poros del alimento con el soluto (azúcar invertido), dando lugar a un menor espacio para el alojamiento del aceite (Nunes y Moreira, 2009; Shyu, *et al.*, 2005). Las muestras con pre tratamientos obtuvieron un promedio de 9 % de contenido graso y las otras un 12%.

Tabla 1. Contenido de humedad, grasa y acidez titulable de los chips de oca.

Presión (kPa)	4.4				13.5			
	10		15		10		15	
Pretratamiento	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Humedad (%)	4.03±0.5 ^a	3.68±0.32 ^a	2.52±0.06 ^c	2.58±0.19 ^{bc}	3.76±0.15 ^a	3.68±0.21 ^a	3.57±0.28 ^a	3.19±0.39 ^a
Grasa (%)	7.89±1.01 ^a	12.05±1.56 ^a	8.58±0.40 ^a	11.65±2.64 ^a	9.60±3.11 ^a	12.00±2.21 ^a	10.27±1.47 ^a	12.55±1.01 ^a
Acidez (mg)	5.63±0.47 ^b	26.32±0.27 ^a	4.92±0.27 ^b	27.41±0.13 ^a	4.83±0.59 ^b	34.49±7.96 ^a	4.28±0.49 ^b	27.89±0.4 ^a

Respecto a la acidez titulable de los chips de oca, cuyos resultados se indican en la Tabla 1, existe un efecto significativo de la aplicación de pre tratamientos. La hidrosolubilidad del ácido oxálico durante el escaldado y el flujo de micronutrientes solubles desde el alimento hacia la solución durante la deshidratación osmótica, provoca que ambos pre tratamientos influyan significativamente sobre la cantidad de ácido oxálico de los chips de oca (Peiró, *et al.*, 2006; Sangketkit, *et al.*, 2001).

Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ($p < 0.1$)

Las muestras que fueron sometidas a pre tratamientos presentaron valores menores a 15mg de ácido oxálico, mientras que aquellas que no tuvieron tratamientos previos presentaron un contenido promedio de acidez de 55mg (Figura 1) La reducción es más evidente durante el paso de oca fresca a oca escaldada, ya que se disminuye el 74% de acidez, lo que comprueba la hidrosolubilidad del ácido oxálico y por ende su eliminación mediante tratamientos térmicos como el escaldado (Tapia y Fries, 2007).

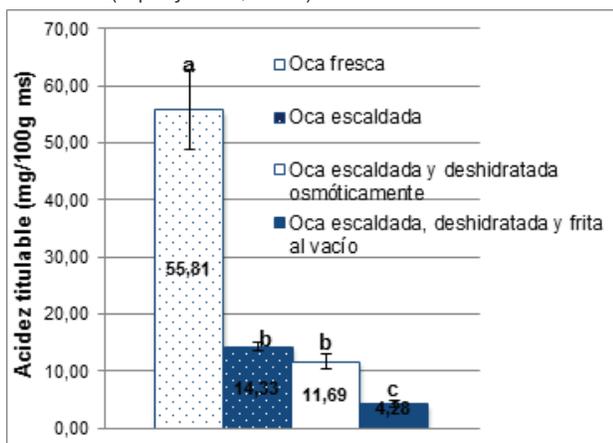


Figura 1. Contenido de Acidez titulable de la oca en las diferentes etapas del proceso

CONCLUSIONES

Las condiciones de los pre tratamientos; escaldado (90°C por 5 min) y deshidratación osmótica (50°Brix, a 65°C por 1 hora) influyen significativamente en el contenido de grasa, y acidez titulable. Por lo que los chips pre tratados presentaron una menor cantidad de acidez y grasa.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, X. 2010. Aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca. Universidad Técnica de Cotopaxi. Tesis. Ecuador.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International.
- Barrera, V. H., A. Monteros y C. Tapia. 2004. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Ra%C3%ADces%20y%20Tub%C3%A9rculos%20Alternativas%20para%20el%20uso%20sostenible%20en%20Ecuador.pdf>
- Dueik, V., and P. Bouchon. 2011. Development of Healthy Low-Fat Snacks. Understanding the Mechanisms of Quality Changes During Atmospheric and Vacuum Frying. *Food Reviews International*, 27(4), 408-432. doi: 10.1080/87559129.2011.563638.
- Nunes, Y., and R. G. Moreira. 2009. Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips. *J Food Sci*, 74(7), E355-E362. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01257.x
- Peiró, R., V. M. Dias, M. M. Camacho and N. Martínez. 2006. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of food engineering*, 74(3), 299-307. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.022>
- Sangketkit, C., G. P. Savage, R. J. Martin and S. L. Mason. 2001. Oxalate Content of Raw and Cooked Oca (*Oxalis tuberosa*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(4), 389-397.
- Shyu, S. L., L.B. Hau, and L.S Hwang. 2005. Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1903-1908. doi: 10.1002/jsfa.2195
- Tapia, M. y A.M. Fries. 2007. Guía de Campo de los Cultivos Andinos C. Rosell (Ed.) (pp. 223). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.htm>

Caracterización de Algunas Propiedades Fisicoquímicas de Feijoa (*Acca sellowiana* Berg) Durante la Poscosecha

Characterization of Some Physicochemical Properties of Feijoa (*Acca sellowiana* Berg) During Postharvest

Diego A. Castellanos¹; Deissy R. Herrera²; Aníbal O. Herrera³

¹ Programa de Doctorado en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. dacastellanose@unal.edu.co

² Programa de Ingeniería Química. U. Nacional de Colombia, S. Bogotá. drherrera@unal.edu.co

³ P. Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. U. Nacional de Colombia, S. Bogotá. aoherrera@unal.edu.co

Resumen. La feijoa es una fruta cada vez más relevante en el sector de frutas tropicales, aunque no se ha caracterizado completamente en la fase de poscosecha. En este estudio fue evaluado el comportamiento de la humedad, la firmeza y el calor específico de frutos de feijoa almacenados al ambiente (17 °C y 74% de HR) durante un periodo de 4 semanas. Hubo una pérdida sostenida de peso y de humedad, así como un descenso en el calor específico (Cp) y en la firmeza. La información obtenida puede ser empleada para el diseño de sistemas de almacenamiento poscosecha de estos frutos.

Palabras clave: Feijoa, maduración, firmeza, humedad, calor específico.

Abstract. Feijoa is increasingly becoming a more relevant fruit in the tropical fruit sector although it has not been fully characterized in postharvest. In this study, the moisture, firmness and specific heat of feijoa fruits stored in ambient conditions (17°C and 74% RH) for a period of 4 weeks were assessed. A sustained weight loss and moisture was observed as well as a decrease in specific heat (Cp) and firmness. The information gained on these aspects can be used for designing postharvest storage systems for this kind of fruits.

Key words: Feijoa, ripening, firmness, moisture, specific heat.

INTRODUCCIÓN

La feijoa (*Acca sellowiana* Berg) es un fruto de la familia de las mirtáceas originario de Brasil. Fue introducida en Colombia en los años ochenta y desde entonces ha sido cultivada con fines económicos, debido a las excelentes características organolépticas del fruto (Parra y Fischer, 2013). Ha sido ubicada entre las 10 frutas promisorias para su cultivo en Colombia (DANE, 2004), logrando una producción en 2012 de aproximadamente 1300 t (Agronet, 2014). Los frutos de feijoa son bayas de una geometría redonda-ovalada, con una corteza de color verde que encierra una capa blanca de pulpa. A medida que la fruta madura, la pulpa pasa de un color blanco a marrón

transparente y luego a marrón oscuro en la senescencia (East *et al.*, 2009). Como fruta fresca, la feijoa es muy apetecida tanto en el mercado nacional como en el externo, aunque actualmente existen varios inconvenientes para su comercialización exitosa, entre ellos su corto periodo de conservación y la ausencia de información disponible de muchas de sus propiedades físicas y químicas, y la evolución de éstas en la poscosecha; entre estas propiedades, la firmeza, humedad y calor específico son de especial interés en el almacenamiento poscosecha, estando estrechamente relacionadas con el estado de madurez del fruto y son empleadas como criterios para evaluar su vida útil (Parra y Fischer, 2013). El Cp por su parte, siendo una propiedad termodinámica del producto es de gran importancia para la evaluación de costos de energía al implementar sistemas de refrigeración en el almacenamiento y conservación del fruto (Puerto, 2012).

Teniendo en mente lo anterior, el objetivo de este artículo es caracterizar algunas propiedades fisicoquímicas de la feijoa en el periodo poscosecha que puedan tener aplicación en esta fase de la cadena productiva, bajo condiciones ambientales de Bogotá, Colombia,

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos fueron obtenidos de una plantación ubicada en el municipio de Tibasosa (Departamento de Boyacá, Colombia), de árboles seleccionados aleatoriamente en su estado de madurez fisiológica usual, 20 semanas desde la floración hasta el día de corte (Parra y Fischer, 2013), tomando ejemplares de la parte media del árbol. Se seleccionaron frutos de categoría corriente de acuerdo a su peso (60-80 gramos), descartando previamente aquellos con cualquier evidencia de daño. Los ejemplares fueron transportados desde el lugar de cosecha hasta los laboratorios de análisis al día siguiente, en donde se hicieron los tratamientos de limpieza y desinfección apropiados, y se dejaron secar luego al ambiente.

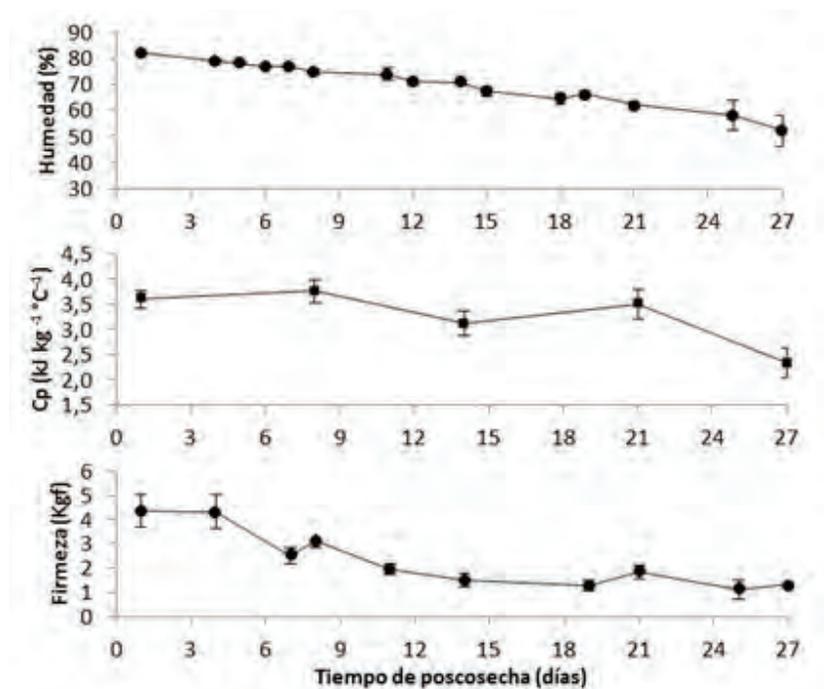


Figura 1. Variación de la humedad, el calor específico y la firmeza de los frutos de feijoa durante la poscosecha.

Los frutos seleccionados fueron empleados para realizar mediciones iniciales al día siguiente de la cosecha. Se midió la firmeza de la corteza a través de una prueba de punción en la zona ecuatorial del fruto, empleando un texturómetro universal en modo de compresión con una sonda de punta plana de 6 mm a una velocidad de penetración de 10 mm s⁻¹, registrando la fuerza de ruptura; el contenido de humedad, empleando una balanza de humedad AMB-5 (Adam Equipment Co., Ltd., Danbury, Connecticut, USA) con dos lámparas de halógeno (HALOGEN 2*200W, 230 V, 50 Hz), realizando el secado a 70 °C por 50 segundos; y la capacidad calorífica media, Cpm, mediante calorimetría diferencial de barrido modulada (DSC; equipo DSC-2910, TA Instrumens, New Castle, Delaware, USA). Después, los frutos se mantuvieron al ambiente a una temperatura media de 17 °C y 74% de HR, haciéndose mediciones para la firmeza y el Cp dos veces por semana, por un periodo de cuatro semanas hasta alcanzar la senescencia por triplicado; así mismo, se tomaron 10 frutos seleccionados al azar el día inicial a los que se les hizo el seguimiento de la humedad en el mismo periodo de medición. Para todas las propiedades determinadas fueron obtenidos los valores medios y las desviaciones estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad de los frutos se redujo de forma sostenida (figura 1), observándose una tendencia lineal descendente con un porcentaje

total de peso perdido de 30,2 5,9% para el día 27 de medición llegando a una humedad final de 52% (siendo la humedad en el día 1 de 82 %). Esta pérdida de peso fue similar a lo reportado por Ramírez y colaboradores (2005) en un ensayo hecho a 18 °C. Para el día 15 se registró una pérdida de peso de 14,8% que fue similar a lo reportado por Rodríguez y colaboradores (2006), para un ensayo hecho con frutos del clon Quimba a 16,3 °C. La pérdida de humedad está relacionada al proceso de transpiración, donde el agua retenida en las estructuras celulares se evapora debido a la degradación de éstas en la maduración y a la diferencia de presiones de vapor con el ambiente (Wills *et al.*, 2007).

La pérdida de humedad aumentó la proporción de sólidos en el fruto como carbohidratos y grasa con menores calores específicos que el agua, disminuyendo el Cp total a lo largo del ensayo. Para el día inicial se registró un valor de Cp de 3,6 kJ kg⁻¹ °C⁻¹, llegando hasta 2,4 para el día 27. Estos valores son del mismo orden que los obtenidos con una ecuación teórica en función del contenido de sólidos y humedad como la de Chen (1985; 3,7 y 2,9 respectivamente). Puerto (2012) por su parte, reportó un valor de Cp para la feijoa de 3,55 kJ kg⁻¹ °C⁻¹ similar al valor en el día inicial del ensayo antes de cualquier pérdida de humedad.

La firmeza de los frutos disminuyó desde 4,4 kgf (para la punta de 6 mm) en el día inicial, hasta 1,3 kgf en el día 27. Este comportamiento es

similar al reportado por otros autores (Rodríguez *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2005). Esta disminución en la firmeza puede atribuirse a la acción de las poligalacturonasas (PG) y celulasas, las cuales intervienen en la degradación de las paredes celulares de los frutos a medida que avanza la maduración (Parra y Fischer. 2013). Al degradarse algunos componentes de las estructuras celulares como pectinas y almidones, disminuye la capacidad de retención de agua de las células lo que resulta en un aumento en la humedad perdida al disminuir la firmeza (Wills *et al.*, 2007).

En general, todos los valores medidos fueron indicativos del proceso de maduración del fruto, estando en concordancia con anteriores estudios. Estos resultados, pueden ser empleados en posteriores investigaciones como valores de referencia comparativos, para el diseño de sistemas de almacenamiento poscosecha de feijoa.

CONCLUSIONES

El comportamiento de disminución en la humedad y la firmeza de la corteza, fue similar a lo reportado en anteriores investigaciones. El calor específico por su parte, disminuyó al reducirse el contenido de agua en los frutos evaluados a lo largo del periodo poscosecha.

BIBLIOGRAFÍA

Agronet. 2014. Sistema de estadísticas agropecuarias. Área, producción y rendimiento. Producción nacional por producto. En: agronet. 6 p.; <http://www.agronet.gov.co> consulta: febrero 2014.

- Chen, C. S. 1985. Thermodynamic analysis of the freezing and thawing of foods: Enthalpy and apparent specific heat. *Journal of Food Science* 50(4): 1158-1162.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. 2004. Resultados del censo del cultivo de la feijoa. En: I Censo nacional de 10 frutas agroindustriales promisorias. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá. pp. 277-295.
- East, A. R., X.I. Trejo Araya, M. L. A. T. M Hertog, S. E. Nicholson and A. J. Mawson. 2009. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. *Postharvest Biology and Technology* 53(1-2): 66-71.
- Parra, A. y G. Fischer. 2013. Maduración y comportamiento poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 7(1): 98 - 110.
- Puerto, E. 2012. Guía técnica para el diseño de cuartos fríos. En: Diseño e ingeniería de proyectos de aire acondicionado, http://efrainpuerto.files.wordpress.com/2012/02/puerto_efrain_guia_tecnica_para_el_disec3b1o_de_cuartos_frios.pdf. 34p.; consulta: enero 2014.
- Ramírez, J. M., J. A. Galvis y G. Fischer. 2005. Maduración poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl₂ en tres temperaturas de almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 23 (1): 117-127.
- Rodríguez, M., H. Arjona y J. Galvis. 2006. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana. Fisiología y Tecnología Poscosecha* 24(1): 68 - 76.
- Wills, R. B. H., W.B. McGlasson, D. Graham and D.C. Joyce. 2007. *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. University of new South Wales Press Ltd. Australia, pp. 29-50.

Metodología de Superficie de Respuesta en la Fritura por Inmersión de Rodajas de Plátano

Surface Response Methodology on Immersion Frying of Sliced Plantain

Francisco Castellanos-Galeano¹; Claudia Ochoa-Martínez²; Carlos Vélez Pasos²

1 Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. francisco.castellanos@ucaldas.edu.co . Autor corresponsal.

2 Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Ciudad Universitaria Meléndez. Calle 13 No 100-00. Cali, Colombia. claudia.ochoa@correounivalle.edu.co; carlos.velez@correounivalle.edu.co

Resumen. En el presente trabajo se utilizó la metodología de superficie de respuesta para establecer el efecto de la presión, fuerza impulsora y tiempo en la fritura por inmersión de rodajas de plátano. Las variables de respuesta fueron: contenido de humedad y contenido de aceite, coordenadas de color L*, a* y b* y textura (fragilidad). Las condiciones de proceso que se obtuvieron de la optimización general del modelo fueron: 72,7 kPa para la presión, 57,4 °C para la fuerza impulsora equivalente y 6,1 min para el tiempo de proceso, con un factor de deseabilidad para esta combinación de 0,9.

Palabras clave: *Dominico Hartón, aceite, humedad, color, textura.*

Abstract. In this paper the response surface methodology was used to establish the effect of pressure, driving force and time on deep fat frying plantain slices. The response variables were: moisture content and fat content, color coordinates L*, a* and b* and texture (fragility). The general optimization model resulted in process conditions of 72.7 kPa for pressure, 57.4 °C for equivalent thermal force and 6.1 min for processing time. The desirability factor for this combination was 0.9.

Key words: *Dominico Harton, oil content, moisture content, color, texture.*

INTRODUCCIÓN

La fritura por inmersión es una operación unitaria correspondiente a un complejo proceso de deshidratación en el cual ocurren interacciones simultáneas de transferencia de calor y de masa. El propósito de freír alimentos es otorgarles características especiales de textura, color y gusto (sabor y olor) (Mariscal y Bouchon, 2008). La fritura a presiones de vacío posee dos ventajas, la primera es la exposición del aceite a baja temperatura y la segunda es la menor cantidad de oxígeno disponible en la freidora (Andrés-Bello *et al.*, 2011). El color y la textura en los productos fritos están influenciados por las condiciones del proceso, en especial por el tiempo, la temperatura del aceite, la presión del sistema y el tipo de aceite, así como por las características físicas del cultivar (Bravo *et al.*, 2006). En Colombia se cultivan más de 30 cultivares de plátano, con una producción aproximada de 3,3 millones de toneladas/año que significa el 9% de la producción mundial (FAO, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de La presión, fuerza guía y tiempo sobre el contenido de humedad y de aceite en el proceso de fritura por inmersión de rodajas de plátano, mediante la metodología de superficie de respuesta usando un diseño central compuesto rotable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó plátano variedad Dominico Hartón (AAB) (<10 °Brix) con un contenido de agua de $58,7 \pm 0,3,2\%$, además, se usó oleína de palma precalentada a la temperatura de referencia. Las muestras fueron de 3 mm de espesor y $2,0 \pm 0,5$ cm de diámetro, la relación plátano-aceite fue de 1:150 (p/v). Se determinó el contenido final de humedad y aceite (AOAC. 1995); las coordenadas de color CIE-LAB (L^* , a^* y b^*), se midieron con un colorímetro (marca Hunter Lab). La textura de los chips se midió con un texturómetro (marca Shimadzu). El análisis estadístico de las superficies de respuesta, se basó en las siguientes fases:

Fase I. Selección de factores y sus intervalos de variación: Se consideraron tres factores (Tabla 1); para elegir los niveles de las tres variables se utilizó la estrategia del “centramiento”.

Fase II. Diseño de experimentos: se usó un diseño compuesto central rotatable con tres factores, el cual tiene 8 puntos factoriales (2^3), 6 puntos axiales y 6 puntos centrales (Tabla 2).

Fase III. Trabajo experimental: Los resultados (parámetros y ajustes del modelo) se estimaron a partir del plan experimental, los tratamientos se realizaron aleatoriamente.

Fase IV. Ajuste del modelo: Utilizando el software SPSS v 14 se obtuvo la capacidad de ajuste de la ecuación de la superficie de respuesta, para cada una de las variables de respuesta.

X: Valores de $p > 0,05$. PS: punto de silla y Máx: punto máximo

Tabla 1. Factores y sus intervalos de confianza

Niveles	ΔT (°C)	Presión absoluta (kPa)	Tiempo (s)
0	63	56,5	310
-1	43	38,0	140
1	83	75,0	480
Diferencia (1-1)	20	18,5	170

Tabla 2. Diseño central compuesto rotatable para tres factores.

	Valor real (código)		
	ΔT (°C)	P (kPa)	t (s)
1	43 (-1)	38 (-1)	140 (-1)
2	43 (-1)	38 (-1)	480 (+1)
3	43 (-1)	80 (+1)	140 (-1)
4	43 (-1)	80 (+1)	480 (+1)
5	83 (+1)	38 (-1)	140 (-1)
6	83 (+1)	38 (-1)	480 (+1)
7	83 (+1)	80 (+1)	140 (-1)
8	83 (+1)	80 (+1)	480 (+1)
9	29 (-1,682)	59 (0)	310 (0)
10	97 (+1,682)	59 (0)	310 (0)
11	63 (0)	24(-1,682)	310 (0)
12	63 (0)	94 (+1,682)	310 (0)
13	63 (0)	59 (0)	24 (-1,682)
14	63 (0)	59 (0)	596 (+1,682)
15	63 (0)	59 (0)	310 (0)
16	63 (0)	59 (0)	310 (0)
17	63 (0)	59 (0)	310 (0)
18	63 (0)	59 (0)	310 (0)
19	63 (0)	59 (0)	310 (0)
20	63 (0)	59 (0)	310 (0)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de calidad como variables respuesta, contenido final de humedad y de aceite, textura (fragilidad) y color (coordenadas L^* , a^* y b^*). Se hizo el ajuste del modelo, teniendo en cuenta: Capacidad de

Tabla 3. Análisis de ajuste del modelo

	Significancia de cada efecto ($P < 0.05$)											Óptimo
	Individuales						Cuadráticos					
	R ²	Cte	ΔT	P	t	ΔTP	ΔTt	Pt	ΔT^2	P ²	t ²	
Humedad	0,95	97,6	-1,5	X	-13,8	X	0,06	X	0,01	X	0,84	PS.
Aceite	0,80	41,6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PS.
L*	0,93	-31,8	1,3	0,8	9	-0,01	-0,07	-0,05	-0,01	X	-0,2	PS.
b*	0,91	-93	1,9	1,2	16,7	-0,01	-0,1	-0,06	-0,01	X	-0,6	Máx
a*	0,68	15,6	-0,3	X	X	X	0,02	X	0	X	X	PS.
Textura	0,87	0,8	X	7,3	X	0,01	0,04	X	X	X	X	PS.

ajuste, evaluación de efectos, optimización de cada superficie y optimización general. La significancia de cada efecto se presenta en Tabla 3. Los efectos ΔT , t, ΔT^2 , t² y su interacción ΔT^*t , fueron significativos para el contenido final de humedad, L* y b* y la textura. Se observó que los efectos P, ΔT^*P y P^*t afectaron significativamente las coordenadas de color L* y b*. La optimización en forma individual de las variables de salida deja un máximo en b* y un punto de silla en las demás variables.

CONCLUSIONES

La optimización general del modelo, dio como resultado unas condiciones de proceso de 72,7 kPa para la presión, 57,4 °C para la fuerza impulsora equivalente y 6,1 min para el tiempo de proceso, con un factor de deseabilidad para esta combinación de 0,9. Estos valores de presión y fuerza impulsora óptima equivalen a una temperatura de aceite de 140 °C, veinte grados menor que

si se usaran condiciones atmosféricas a 82 kPa, bajo los mismos parámetros de calidad mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés-Bello, A., P. García-Segovia and J. Martínez-Monzo. 2011. Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products. *Food Engineering Reviews* 3 (5) 63-78.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International [CD-ROM]. USA.
- Bravo, j., J. Ruales, N. San juán and J. clemente. 2006. Innovaciones en el proceso de fritura. *Alimentación Equipos y Tecnología* 25 (3):87-94.
- F.A.O. Producción de alimentos, país por producto. En: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Febrero 2014.
- Mariscal, M. and P. Bouchon. 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry* 107(4):1561-1569.

Modelamiento Matemático de la Ganancia de Aceite en Fritura por Inmersión de rodajas de Plátano

Mathematical Modeling of Oil Absortion in Deep Fat Frying of Plantain Slices

Francisco Castellanos Galeano¹; Claudia Ochoa Martínez²; Carlos Vélez Pasos²

1 Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. francisco.castellanos@ucaldas.edu.co . Autor correspondal.

2 Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Ciudad Universitaria Meléndez. Calle13 No 100-00. Cali, Colombia. claudia.ochoa@correounivalle.edu.co; carlos.velez@correounivalle.edu.co

Resumen. Esta investigación fue realizada en la fritura por inmersión de rodajas de plátano verde, para establecer un modelo matemático a la ganancia de aceite en la matriz, las cinéticas resultantes se realizaron para dos fuerzas térmicas equivalentes (ΔT), tres presiones y veinte y cuatro tiempos. La medición del contenido de aceite en las muestras se realizó mediante extracción con solvente. Luego se propuso un modelo matemático que representará las cinéticas obtenidas. Para la validez del modelo se planteó una evaluación de la

capacidad de ajuste y una evaluación de los parámetros del mismo. Todos los parámetros elegidos en el modelo matemático fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

Palabras clave: *Dominico Hartón, soxhlet, contenido de grasa, fritura por inmersión.*

Abstract. This research was conducted in deep frying slices of green plantain, to establish a mathematical model to gain oil in the matrix, the resulting kinetics were performed for two

equivalent thermal forces (ΔT), three pressures and twenty four times. The measurement of oil content in samples was performed by solvent extraction. A mathematical model to represent the obtained kinetics was proposed. For the validity of the model, an assessment of the adjustability and an evaluation of model parameters were proposed. All selected parameters in the mathematical model were statistically significant ($p < 0.05$).

Key words: *Dominico Harton, soxhlet, fat, deep fat frying.*

INTRODUCCIÓN

El transporte de aceite, en la fritura por inmersión, no está representado como un mecanismo de difusión a diferencia de la transferencia de humedad (Bouchon and Pyle, 2005). El modelo de las cinéticas de absorción de aceite se realiza generalmente con métodos empíricos, los cuales se conocen como modelos de caja negra que tienen por lo general dos parámetros ajustables. Gamble (1987), relacionó la absorción de aceite en función de la raíz cuadrada del tiempo de fritura y por último Moyano and Pedreschi (2006), aplicaron una ecuación cinética de primer orden. Otro modelo que se ha usado está basado en las fuerzas capilares y las diferencias de presión que describe la absorción de aceite durante el enfriamiento (Bouchon and Pyle, 2005). La generación de éste conocimiento contribuirá al desarrollo tecnológico de la cadena de plátano aplicado al campo de los “snacks”. Este trabajo tuvo como objetivo modelar las cinéticas de absorción de aceite en el proceso de fritura por inmersión de rodajas de plátano verde a distintas fuerzas térmicas equivalentes (ΔT), presiones y tiempos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó plátano variedad Dominico Hartón (AAB) (<10 °Brix) con un contenido de agua de 58,7% \pm 3,2 y oleína de palma. Las muestras de plátano fueron cortadas de 3 mm de espesor

y 2 \pm 0,5 cm de diámetro, la relación plátano-aceite fue de 1:150 (p/v). Se determinó el contenido final de aceite (AOAC, 2003). La metodología experimental de la fritura por inmersión utilizada se resume en la Figura 1.

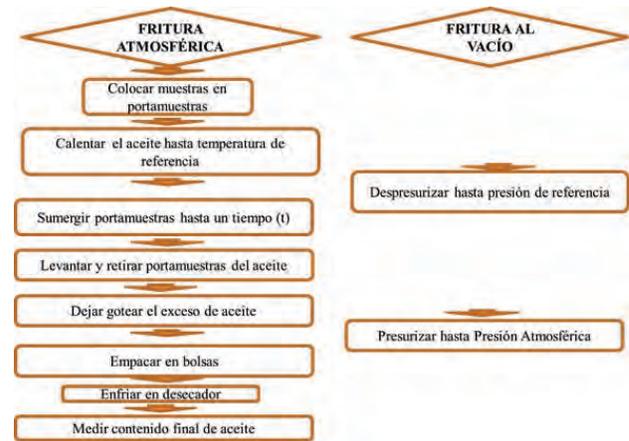


Figura 1. Diagrama de bloques para la descripción del proceso de fritura por inmersión.

Las cinéticas de ganancia de aceite, se realizaron para dos fuerzas térmicas equivalentes (ΔT), para tres presiones y 24 tiempos (20 mediciones cada 15 segundos hasta 5 minutos y 4 más cada minuto hasta completar 9 minutos). Conociendo en la Ecuación 1, los valores de ΔT y la temperatura de ebullición del agua a la presión absoluta respectiva, se determinó el valor de la temperatura del aceite para cada tratamiento. Tabla 1.

$$\Delta T = T_{\text{aceite}} - T_{\text{ebullición}} \quad (1)$$

Tabla 1. Condiciones de proceso y variables respuesta del proceso de fritura por inmersión.

Tratamiento	Presión Absoluta (kPa)	Fuerza térmica equivalente ΔT (°C)	Temperatura de ebullición (°C)	Temperatura del aceite. (°C). Ec 1.	Contenido de aceite (g/kg) b.s.	Tiempo* (s)	β_1	β_2
1	30	53	69	122	290	200 ^a	293.0	15.8
2	30	73	69	142	300	190 ^a	313.4	11.1
3	60	53	86	139	240	120 ^b	248.3	9.2
4	60	73	86	159	300	220 ^c	333.7	49.5
5	90	53	97	150	210	50 ^d	212.0	4.2
6	90	73	97	170	270	200 ^e	268.9	26.9

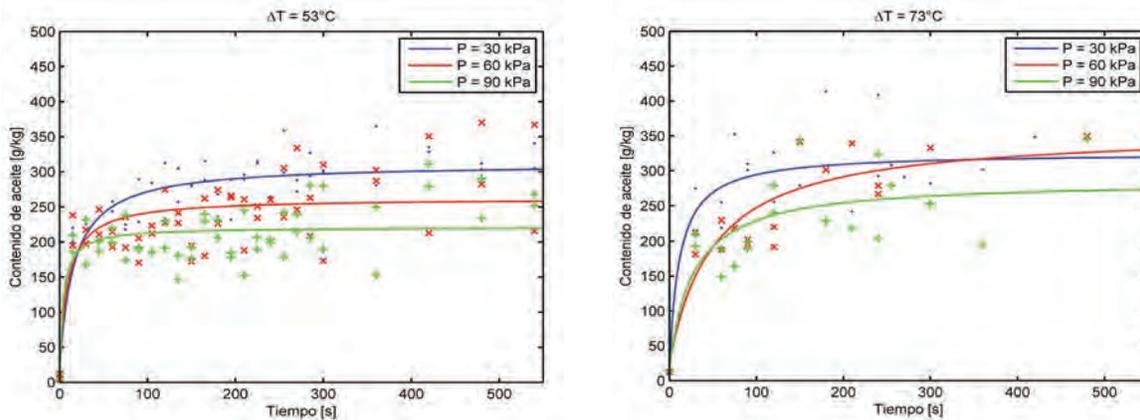


Figura 2. Cinéticas del contenido de aceite (g/kg) b.s. de rodajas de plátano. (Los puntos son los datos experimentales y las líneas son obtenidas con el modelo)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra la evolución del contenido de aceite (g/kg b.s.), para los tratamientos establecidos. Para modelar la cinética de absorción de aceite se utilizó la Ecuación 2:

$$C.A(t) = \frac{\beta_1 t}{\beta_2 + t} \quad (2)$$

Donde, C.A.(t) es el contenido final de aceite en cualquier tiempo t, t es el tiempo de proceso y β_1 y β_2 son los parámetros del modelo. Diversos estudios han demostrado que la mayor parte del aceite no penetra en el producto mientras la matriz está sumergida en el aceite, sino al extraer el producto del mismo (etapa de enfriamiento) (Moreira *et al.*, 1995, Garayo and Moreira, 2002 y Liu-Ping *et al.*, 2005). La velocidades de absorción de aceite, representadas en las pendientes de las curvas de la Figura 2, presentan mayores valores a menores fuerzas térmicas y altas presiones, esto favorece una disminución de la temperatura del aceite, lo que es corroborado por Tan y Mittal (2006). En la Tabla 1 se presentan los valores del tiempo necesario para alcanzar el contenido de aceite en equilibrio en las muestras de plátano, allí se observa que para una presión fija el tiempo de proceso aumenta al hacerlo la fuerza térmica equivalente por ende la temperatura del aceite.

CONCLUSIONES

El contenido final de aceite aumentó a medida que lo hizo la fuerza térmica equivalente, esto se debió a que la salida abrupta del vapor de agua, contenido en la matriz, originó un aumento de capilares al interior de la rodaja de plátano frita lo cual fue aprovechado por aceite superficial, en la etapa de enfriamiento,

para ingresar a la matriz. El contenido de aceite tuvo un comportamiento inversamente proporcional a la presión del sistema. Los valores de los parámetros de la Ecuación 2, listados en la Tabla 1, dieron un valor de p menor al 5%, lo cual aporta una ecuación que predice la absorción de aceite en la fritura por inmersión de rodajas de plátano verde usando distintas presiones de vacío y atmosférica.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 2003. Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad. Capítulos 32: 1, 2, 5 y 14, Washington, U.S.A.
- Bouchon, P. and D. Pyle. 2005. Modelling oil absorption during post-frying cooling II: Solution of the mathematical model. *Food and Bioproducts Processing* 83(4): 261-272.
- Gamble, M., P. Rice and J. Selman. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from CV record UK tubers. *International Journal of food science and Technology*: (22): 233-241.
- Garayo, J. and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*. 55: 181-191.
- Liu-Ping, F., X. Min-Zhang, X. Gong-Nian, S. Jin-Cai and Qian-Tao. 2005. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. *International Journal of Food Science and Technology*. 40: 911-919.
- Moreira, R., J. Palau and X. Sun. 1995. Deep-fat frying of tortilla chips: An Engineering approach. *Food Technology*: 49: 279-290.
- Moyano, P. and F. Pedreschi. 2005. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT* 38: 599-604.
- Tan, K.J. and G. Mittal. 2006. Physicochemical Properties Changes Of Donuts During Vacuum Frying. *International Journal of Food Properties* 9: 85-98.

Efecto de Pulsos Eléctricos en los Componentes Bioactivos de Pulpa de Agraz (*Vaccinium meridionale swartz*)

Effect of Pulsed Electric Fields in the Bioactive Compounds of Verjuice (*Vaccinium meridionale swartz*) Pulp

Ingrid P Hower G.¹, Maryuri Ríos P¹, María Patricia Chaparro-González¹

¹ Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. <mchaparro@unisalle.edu.co>

Resumen. El agraz es un fruto exótico con un alto contenido de compuestos bioactivos, sensibles a la degradación por calor. Con el objetivo de evitar la pérdida de estos compuestos se realizó un tratamiento no térmico por pulsos eléctricos de alta intensidad (PEAI) que fue comparado con el tratamiento térmico de pasteurización convencional (PV) y un patrón (MP). Los resultados mostraron pérdidas en antocianinas y fenoles, del 1,94% y 1,92% respectivamente para PEAI, mientras que para PV, la pérdida de fenoles fue del 43,85% y las antocianinas del 61,46%. Así, la tecnología por pulsos eléctricos de alta intensidad (PEAI), puede considerarse como una técnica conservativa de los componentes bioactivos y viable para su aplicación en la industria de alimentos.

Palabras clave: Agraz, Compuestos bioactivos, Pulsos eléctricos de alta intensidad, Pasteurización,

Abstract. Blueberry is an exotic fruit with a high content of bio-active compounds, sensitive to heat degradation. With the aim to avoid the loss of these compounds no heat treatment was performed by high-intensity pulse electric fields (PEF), which was compared with the conventional heat treatment of pasteurization (PV). Results showed loss of anthocyanins and phenols, 1.94% and 1.92% respectively for PEF, while PV, phenols loss was 43.85% and 61.46% anthocyanins. Thus, the technology for high-intensity electrical pulses (PEF) can be considered as a conservative technique of bioactive compounds and confirm its feasibility for application in the food industry.

Key words: Blueberry, bio-active compounds, high-intensity pulsed electric fields, pasteurization.

INTRODUCCION

El agraz o mortiño, se ha convertido en uno de los frutos exóticos con una tendencia a incrementar la demanda en el comercio nacional e internacional, por sus características sensoriales y nutricionales. Las antocianinas y compuestos fenólicos son alterados por el uso de tratamientos térmicos, ya que los degradan como cita Dong Wang y Ying Xu (2007). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la tecnología no térmica de pulsos eléctricos de alta intensidad,

frente a un tratamiento térmico como es la pasteurización en la estabilidad de compuestos bioactivos.

MATERIALES Y METODOS

El Agraz fue adquirido en la vereda el Charco del municipio de Chiquinquirá (Colombia), se transportó en condiciones de refrigeración a la planta piloto de vegetales de la Universidad de La Salle, en donde se seleccionó y clasificó sus frutos, seguido de un lavado y desinfección. Inmediatamente se obtuvo la pulpa, se almacenó a (-18°C) para su posterior análisis. Para la cuantificación de fenoles totales se siguió el método empleado por Camelo y Sotelo (2012) y Singleton y Rossi (1965). El contenido de polifenoles se expresó en mg de ácido gálico (AG) / 100 g de pulpa. La cuantificación se realizó en MP, y después de ser sometida a PV y PEAI. El contenido total de antocianinas se expresó como cianidina 3- glucosido y se calculó en base al volumen del extracto y peso de la muestra. La cuantificación se realizó en MP, PV y PEAI.

El equipo de PEAI, cuenta con régimen de trabajo discontinuo y una intensidad de campo eléctrico de un máximo de 40kV/cm. Para determinar la mejor condición de trabajo, se realizó un diseño experimental con dos factores en tres niveles cada uno, los factores fueron voltaje y frecuencia y los niveles de variación 20, 30 y 35 Kv/cm y 200, 300 y 400 (Hz). La PV se realizó según metodología de Lewis (2006). Las muestras tratadas, se almacenaron a 5°C. Se realizó un análisis de varianza

Tabla1. Polifenoles totales y antocianinas en pulpa de agraz.

	Contenido	Unidades
Polifenoles	637,55	mg eq de ácido gálico/100g de fruta fresca
	609-650*	
Antocianinas	209,58	mg eq de cianidin-3-glicosido/100g de fruta fresca
	200-230*	

(ANOVA) para establecer las diferencias significativas entre las medias de los valores realizando una comparación Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS Y ANALISIS

El contenido de polifenoles y antocianinas totales antes de ser sometidos a los tratamientos, se encuentra en la Tabla 1, mostrando valores dentro de los rangos reportados por Gaviria et al; (2008)*.

Tratamiento No Termico (PEAI). Los resultados mostraron que las mejores condiciones para trabajar con PEAI en pulpa de agraz son 30 KV/cm y 300 pulsos debido a que el contenido fenoles totales en esta muestra fue 625,16 mg eq de ácido gálico/100g de fruta fresca y antocianinas totales de 205,55 mg eq de cianidin-3-glicosido/100g de fruta fresca. Adicionalmente se presentaron pérdidas de antocianinas y polifenoles con valores de 1,92% y 1,94% respectivamente. Comparado este porcentaje con el de las otras condiciones, fue el de menor pérdida, ya que para los otros ensayos en polifenoles el rango de pérdidas esta entre el 10% y 20% y en el caso de las antocianinas el porcentaje de pérdidas estuvo en un rango del 30-75%.

Comparación del tratamiento no termico (PEAI) vs pasteurización convencional (PV). Fenoles totales. Según los datos obtenidos (Tabla 2), el método de PV alcanzó un porcentaje de pérdidas considerablemente mayor en relación a la muestra tratada por tecnología PEAI, esto se debe a que los compuestos fenólicos se degradan a temperaturas mayores a los 40°C, según se ha demostrado en diferentes estudios. Por otro lado la degradación térmica de las compuestos fenólicos presenta una cinética de primer orden, teniendo el mismo comportamiento que otros compuestos bioactivos, como lo informa Camelo-Méndez y Sotelo Díaz (2012). Comparando los resultados obtenidos en esta investigación con los citados por Odriozola-Serrano, Soliva-Fortuny, y Martin-Belloso (2008) se encuentra que este estudio también obtuvo un porcentaje de pérdidas menor con las muestras tratadas por PEAI. Antocianinas totales. En la Tabla 2 se muestra que PV alcanzó unas pérdidas mayores al 50% esto debido a que las antocianinas sufren una degradación importante al someterlas a temperaturas elevadas debido a una cinética de primer orden (Cisse *et al.*, 2009). En el tratamiento por PEAI se alcanzó un

porcentaje considerablemente menor de pérdidas, ya que los PEAI no aumentaron la temperatura de la pulpa mas de 3°C siendo evidente la no degradación de este compuesto.

CONCLUSIONES

Se encontró que el mejor tratamiento para la conservación de componentes bioactivos en la pulpa de Agraz es PEAI, puesto que no degrada los fenoles y antocianinas totales en un porcentaje significativo, siendo una tecnología viable para la industria de alimentos.

BIBLIOGRAFIA

Camelo, G.A. y L.I. Sotelo. 2012. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida de Borojoa patinoi Cuatrecasas. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas. 11(2):196-205

Cisse, M., F. Vaillant, O. Acosta, C. Dhuique-Mayer and M. Dornier. 2009. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models. Agricultural and Food Chemistry. 57(14): 6285-6291.

Dong Wang, W. and S. Ying Xu. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. Journal of Food Engineering. 82(3): 271-275.

Ligarreto, G. 2009. Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) en la zona altoandina de Colombia. Bogotá, Universidad Nacional. Gaviria, C.A., C.I. Ochoa, N.Y. Sanchez, C.I. Medina, M. Lobo, P.L. Galeano, A.J. Mosquera, A. Tamayo, Y.E. Lopera y B.A. Rojano. 2008. Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*). 95-109 p.

Lewis, M., (2006).Procesado térmico. Manual del procesado de los alimentos, Zaragoza, Acribia, 49-50p.

Odriozola, I., R. Soliva, V. Gimeno, and O. Martin. 2008. Kinetic study of anthocyanins, vitamin C, and antioxidant capacity in strawberry juice treated by high-intensity pulsed electric fields. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56(18): 8387-8393.

Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphor-tungstenic acid reagents. American Journal Enology and Viticulture. 16(3): 144-158

Tabla 2. Porcentaje de pérdidas de Polifenoles y Antocianinas después de los tratamientos.

	Contenido de Fenoles (mg eq de ácido gálico/100g de fruta fresca)	% de Perdida Fenoles	Contenido de Antocianinas (mg eq de cianidin-3-glicosido/100g de fruta fresca)	% de Perdida de Antocianinas
MP	637,55 ± 20,68	-----	209,58 ± 17,72	-----
PV	357,94 ± 12,6	43,85	80,76 ± 9,57	61,46
PEAI	625,16 ± 3,08	1,94	205,55 ± 8,4	1,92

Técnica para el Estudio de Cinéticas de Secado de Gotas en el Secado por Aspersión

Droplet Drying Strategy to Study Spray Drying Kinetics

Alfonso Cubillos-Varela¹; Vanessa González-Torres²; Claudia Ochoa-Martínez²; Alejandro Fernández-Quintero²; Alexánder Gómez-Mejía¹

1 Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Cra 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia. Correo-e: acubillosv@unal.edu.co, agomez@unal.edu.co

2 Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Calle 13 # 100-00, Cali, Colombia. Correo-e: vanessa.gonzalez.torres@correounivalle.edu.co, claudia.ochoa@correounivalle.edu.co, alejandro.fernandez@correounivalle.edu.co

Resumen. En este trabajo se presenta la metodología y los instrumentos utilizados para estudiar el secado de una gota con diferentes tamaños iniciales. Esto permite analizar los fenómenos que se presentan durante el secado de gotas, como en el proceso de secado por aspersión. De acuerdo a esta metodología, se suspende una gota en un filamento de vidrio que permite medir los cambios en la masa, la temperatura y la forma y tamaño de la gota, bajo el efecto de diferentes velocidades de aire y temperaturas de secado. Basado en este tipo de estudios se definen modelos de secado para simular y optimizar el proceso industrial de secado por aspersión en productos como jugos de frutas, leche y café.

Palabras clave: Método del filamento de vidrio, curvas de secado.

Abstract. In this work, the methodology and instruments used to study the individual droplet drying is presented. This methodology allows analyzing phenomena that occur during drying droplets, such as spray drying process. According to this method, a droplet in a glass filament is suspended to measure the changes in droplet mass, temperature, and shape and size, under the effect of different drying temperature and drying air velocity. Based on these studies, drying models to simulate and optimize the industrial spray drying process of some products such as fruit juices, milk and coffee are defined.

Key words: Glass filament method, drying curve.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades de la materia prima y las condiciones de operación afectan las características de las gotas durante el secado por aspersión, por eso se han implementado diversas estrategias para evaluar dichas características con el fin de obtener un producto con la calidad deseada. Llevar a cabo un estudio de los procesos de transferencia de materia y energía dentro de un secador por aspersión implica un complejo seguimiento del cambio de humedad y de temperatura tanto de las gotas como el aire de secado. Por lo tanto comprender

los fenómenos de secado de las gotas individuales permitiría alterar las características del proceso, mejorando así la calidad del producto seco (Adhikari *et al.*, 2000 y 2003). El objetivo de este trabajo es desarrollar una técnica que permita estudiar la cinética de secado de una gota durante el proceso de secado por aspersión de jugos de fruta. Para lograr este estudio se propone un sistema que permita analizar una única gota sometida a una corriente de aire caliente, y registrar la evolución de su forma, tamaño y masa. Estos resultados serán útiles para comprender mejor los fenómenos presentes durante el proceso de secado y ajustar el proceso a un modelo matemático adecuado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente para desarrollar una metodología que permita el estudio de las cinéticas de secado de gotas se definen los parámetros que influyen en dicha cinética, tales como, la temperatura del gas de secado, la humedad, la velocidad relativa de la gota y las propiedades iniciales de la gota. Dado esto, se establece un sistema (o equipo) que permita controlar estas condiciones y medir las características de la gota durante el secado. Para diseñar el equipo se analizan los experimentos para el secado de una gota individual, que se pueden clasificar de acuerdo al material a secar, al mecanismo de soporte de la gota y a las condiciones ambientales de estado estacionario o transitorio (Lin *et al.*, 2002). Hay dos tipos de técnicas experimentales para definir el mecanismo de soporte de la gota: la levitación y el “vuelo libre”. La levitación puede clasificarse en invasiva y no invasiva. La levitación invasiva implica la suspensión de la gota, ya sea en la punta de un filamento de vidrio o un termopar, mientras que la levitación no invasiva emplea diversas fuerzas físicas para levantar libremente. Las técnicas más usadas han sido la levitación ultrasonido, electromagnética, electrostática y aerodinámica. La técnica de “vuelo libre” se ha empleado para estudiar una gota individual o una corriente discreta de gotas en caída libre (Adhikari *et al.*, 2000; Fu *et al.*, 2011).

La suspensión de gotas en un filamento de vidrio es uno de los métodos más utilizados para definir las características de secado de gotas individuales, por ser un montaje sencillo y de bajo costo en comparación a las técnicas de levitación no invasivas. Además es la técnica más adecuada para monitorear los cambios de masa, diámetro y temperatura de la gota durante el secado (Adhikari *et al.*, 2000; Fu *et al.*, 2011; Lin *et al.*, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra un esquema de un equipo con la técnica de una gota suspendida en un filamento de vidrio.

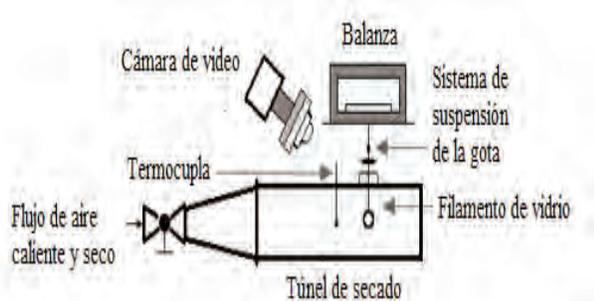


Figura 1. Montaje experimental para el seguimiento del secado de una gota suspendida en un filamento de vidrio (Fuente: Propia)

En este secador, el aire comprimido se filtra y se le retira la humedad ($\pm 0,0025$ kg agua /kg aire seco). El aire luego pasa por una válvula y un flujómetro para obtener un control preciso de la velocidad del aire (hasta un 1 m/s). El aire seco se calienta por medio de una serie de resistencias eléctricas (hasta 200 °C). Por último, el aire pasa a través de una cámara para secar una gota que se genera por medio de una micro-jeringa (hasta 3 μ L y 3 mm de diámetro) y se sostiene de un filamento de vidrio que se construye de diámetros muy pequeños ($\pm 0,1$ mm). Durante cada experimento se mide de forma separada la masa y la temperatura de la gota. A su vez se registra con video cámara la forma y tamaño de la gota. La temperatura se registra por medio de un termopar de alambres finos que se inserta en la gota. La masa se registra por medio de una micro-balanza con una sensibilidad de 2 μ g. La cámara digital magnifica la imagen real entre 20 y 50 veces, y toma hasta 30 imágenes por segundo.

Como resultado se obtienen curvas del cambio en el tiempo de la masa, temperatura y forma de las gotas durante el

proceso de secado. Los experimentos se realizan con varios flujos de aire, temperatura de aire y tamaño inicial de gota. Las curvas obtenidas permiten analizar los fenómenos físicos y térmicos que se presentan durante el secado de cada gota. Esto permite comprender el efecto de cada variable en las características finales de la gota.

CONCLUSIONES

La experimentación con gotas individuales es una herramienta útil para investigar el proceso de secado por aspersión. Aunque se emplean diversas técnicas para llevar a cabo el secado de una gota, los experimentos basados en la suspensión de la gota en un filamento de vidrio parecen ser uno de los más adecuados para la recopilación de los parámetros cinéticos y para el seguimiento de los cambios morfológicos de una gota en un entorno que se parece mucho al secado por aspersión. El secado por aspersión de los alimentos es un gran desafío para la industria y la investigación, las cinéticas de secado de gota son una herramienta importante que pueden ser posteriormente utilizadas para el desarrollo de modelos predictivos, procesos y diseños de secadores.

AGRADECIMIENTOS

A “El patrimonio autónomo fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas” por la financiación del proyecto “Experimentación, modelación y simulación del proceso de secado por aspersión de jugos de frutas”.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, B., T. Howes, B. Bhandari, and V. Truong. 2000. Experimental studies and kinetics of single drop drying and their relevance drying of sugar-rich foods: A review. *International Journal of Food Properties* 3(3): 323–351.
- Adhikari, B., T. Howes, B. Bhandari, and V. Truong 2003. Surface Stickiness of Drops of Carbohydrate and Organic Acid Solutions During Convective Drying: Experiments and Modeling. *Drying Technology*. 21 (5): 839–873.
- Fu, N., M. Woo, S. Lin, Z. Zhou, and X. Chen. 2011. Reaction Engineering Approach (REA) to model the drying kinetics of droplets with different initial sizes -experiments and analyses. *Chemical Engineering Science* 66: 1738–1747.
- Lin, S. and X. Chen. 2002. Improving the glass-filament method for accurate measurement of drying kinetics of liquid droplets. *Journals of Institute of Chemical Engineers*. 80(4): 401–410.

Propiedades Viscoelásticas del Queso Mozzarella

Viscoelastic Properties of Mozzarella Cheese

Roger de Hombre Morgado¹; Ivania Rodríguez Álvarez²

¹ Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera del Guatao km. 3,5. La Habana 19200. Cuba. Telf. (537)2793580.

Licenciado en Química. Doctor en Ciencias Técnicas.

Investigador Titular. Email: dehombre@iiaa.edu.cu

² Licenciada en Matemáticas. M.Sc. Ciencias y Tecnología de Alimentos.

Investigador Auxiliar. Email: ivania@iiaa.edu.cu

Resumen. Los datos de las propiedades viscoelásticas del queso permiten obtener información acerca de su estructura y debido a que son datos reológicos fundamentales, pueden servir además, como fuente comparativa entre productos similares. En el presente trabajo se realizan determinaciones de estas características al queso Mozzarella elaborado a partir de leche de búfala. Para ello se utilizó una prueba de compresión uniaxial entre platos paralelos del queso cortado en forma de cubo con 2 cm. de arista y se comprimió a una velocidad de 3 mm/s en un texturómetro TA-HD plus de la firma Stable Microsystems hasta el 10% de su altura. Se permitió su relajación durante 400 s. Los datos de esfuerzo vs. tiempo obtenidos fueron normalizados y linealizados para calcular las constantes "a" y "b" del modelo de Peleg. De acuerdo con los resultados obtenidos puede decirse que el queso Mozzarella elaborado con leche de búfala tiene características viscoelásticas cercanas al sólido ideal, ya que el esfuerzo no se relaja totalmente y el valor de "b" es cercano a 0.

Palabras clave: Queso Mozzarella, viscoelasticidad, compresión uniaxial, modelo de Peleg, sólido de Hooke, relajación.

Abstract. Data relating to viscoelastic properties of cheese are important because allows to obtain information about structure and also they serve as a source to compare them. In the present work a measurement of those characteristics were made on Mozzarella cheese manufactured at the Food Research Institute. Means of a uniaxial compression on a 2 cm edge cubic sample were done. The cheese was compressed to 10 % of its initial height at a strain rate of 3 mm/s in a TA-HD plus Texture Analyzer and a relaxation test was performed. Peleg model was fitted to calculate the regression coefficients. According to results this Mozzarella cheese has a viscoelastic behavior closely to a Hooke solid.

Key words: Mozzarella cheese, viscoelasticity, uniaxial compression, Peleg model, Hooke solid, relaxation.

INTRODUCCIÓN

El queso Mozzarella tiene una estructura especial característica debido a que la cuajada se somete a un proceso de estiramiento que provoca la formación de una estructura fibrosa (Lucey *et al.*, 2003). La prueba de compresión uniaxial entre platos paralelos es la más indicada para obtener las curvas de relajación de esfuerzos. El modelo de Peleg (1979), que se expresa como: ofrece las constantes "a" y "b" que son características del material y explican, en gran medida, su comportamiento viscoelástico.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades viscoelásticas del queso Mozzarella elaborado a partir de leche de búfala a través del ajuste del modelo de Peleg.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron muestras de 5 producciones de queso Mozzarella elaborado con leche de búfala. Se realizaron pruebas de compresión uniaxial en un texturómetro de la firma Stable Microsystems. El queso se cortó en forma de cubo de 2 cm de aristas, se comprimió a una velocidad de 3 mm/s hasta el 10 % de su altura total a la temperatura de 10° C. Se permitió su relajación por espacio de 400 s y se utilizó el procedimiento descrito por Peleg (1979) para calcular "a" y "b". Se realizaron tres réplicas por cada producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ajuste estadístico de t/Y vs. t , corresponden a líneas rectas casi perfectas con coeficientes de determinación altamente significativos ($R^2 = 0,997$ a $0,999$ para $n = 20$). Los resultados de las constantes de regresión promedio fueron: $a = 0,83$ ($s = 0,06$) y $b = 0,11$ ($s = 0,01$). El valor de "a" se mantiene en la región viscoelástica y es relativamente elevado mientras que b

es cercano a 0, lo que significa que la velocidad con que disminuye σ vs. t es muy lenta y el esfuerzo no se relaja totalmente por lo que nos encontramos en la cercanía del sólido elástico ideal (Castro y de Hombre, 2007). El componente elástico tiene mucha mayor influencia lo cual indica que la textura de este tipo de queso es muy elástica.

CONCLUSIONES

El queso Mozzarella elaborado con leche de búfala tiene propiedades viscoelásticas cercanas al sólido de Hooke donde el valor de $a = 0,83$ y $b = 0,11$ según el modelo de Peleg.

BIBLIOGRAFÍA.

- Castro, E. y R. de Hombre. 2007. Propiedades Mecánicas y Textura de Alimentos. Ediciones Universidad de Chile, Santiago de Chile. 157 p.
- Lucey, J. A., M.E. Johnson and D.S. Horne. 2003. Perspective on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science* 86 (12): 2725–2743.
- Peleg, M. 1979. Characterization of the stress relaxation curves of solid foods. *Journal of Food Science* 44(1): 277-281.

Efecto del Tipo de Corte y Tipo de Empaque en Zanahoria (*Daucus carota*) Fresca Cortada

*Effect of the Different Cut and Type of Packaging's in Fresh-Cut Carrot (*Daucus carota*)*

Saul Dussán-Sarria¹; Carlos Garcia-Mogollon²

¹ Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. A.A. 237. Palmira, Valle, Colombia. Autor para correspondencia: sdussan@unal.edu.co

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba - Sede Berastegui. carlosalbertogm@hotmail.com

Resumen. Fue evaluado el efecto del tipo de corte y tipo de empaque en zanahorias frescas cortadas (ZFC) durante el almacenamiento refrigerado. Cortes del fruto en cubos y rodajas fueron obtenidos y empacados al vacío y cajas PET. Se evaluó la estabilidad de la ZFC almacenada a $9 \pm 2^\circ\text{C}$ y $88 \pm 2\%$ de HR a través de parámetros físico-químicos de SS, pH, acidez titulable y color. Existen diferencias significativas a través del periodo evaluado ($p < 0,05$) excepto para la apreciación del consumidor. El tratamiento agroindustrial que proporcionó la mejor conservación de los atributos de calidad a la zanahoria fresca cortada es el corte en cubos y empacada al vacío durante 18 días de almacenamiento refrigerado.

Palabras Clave: hortalizas, procesamiento mínimo, calidad, refrigeración

Abstract. The effect of the cut and packaging type in fresh-cut carrots (FCC) during refrigerated storage was evaluated. Cut fruit into cubes and slices were obtained and packing in vacuum and PET. The stability of the FCC stored to $9 \pm 2^\circ\text{C}$ and $88 \pm 2\%$ RH through physicochemical parameters of SS, pH, titratable acidity and color was evaluated. There are significant differences during evaluation period ($p < 0.05$) except for consumer appreciation. The agroindustrial condition suitable for preservation of fresh cut carrot is cutting into cubes and vacuum packed during 18 days of refrigerated storage.

Key Words: vegetables, fresh-cut, quality, cold storage

INTRODUCCIÓN

La tecnología de procesamiento mínimo de productos hortofrutícolas se encuentra en auge. Los productos se procesan para proveer al consumidor de un alimento listo para consumir o para cocinar teniendo unas características de calidad propias de los productos frescos o recién cosechados. Los productos mínimamente procesados, no solo buscan satisfacer la demanda del producto y facilitar su consumo, sino que además, mantener al producto fresco, manejo económico y atractiva presentación (Little y Gillespie, 2008). Se debe considerar que durante el pelado y troceado de productos hortofrutícolas los procesos metabólicos se alteran. Estos procesos están estrechamente relacionados con la senescencia y el deterioro de los productos hortofrutícolas mínimamente procesados (Ramos *et al.* 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del procesamiento mínimo en tipo de corte, tipo de empaque y tiempo de almacenamiento en la calidad de la zanahoria, su influencia en las características de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento mínimo. Las zanahoria enteras fueron higienizadas con cloro a $200 \mu\text{L L}^{-1}$, retiradas las extremidades, la cáscara o piel y realizados dos cortes: cubos (Cu) y rodajas (Ro). Los cortes fueron higienizados con cloro a $150 \mu\text{L L}^{-1}$ (15°C , 6,5 pH) y después con cloro a $5 \mu\text{L L}^{-1}$ (20°C , 7,5 pH) durante 5 minutos. Se retiró el exceso de agua y se acondicionaron en PET y al vacío (Va) en bolsa de polietileno lineal de espesor de $70 \mu\text{m}$. El producto fue almacenado a $9 \pm 2^\circ\text{C}$ y $88 \pm 2\%$ de HR y se evaluaron los atributos de calidad físico-químicos y sensoriales a cada 3, 6, 9, 12 y 15 días.

Métodos analíticos. Los valores de Sólidos Solubles (SS) se realizó según NTC 4624 (ICONTEC, 1999a), los valores de pH según NTC4592 (ICONTEC, 1999b) y los valores de Acidez titulable (AT) según NTC 4623 (ICONTEC, 1999c). El índice de blanqueamiento (WI) fue determinado acorde a la ecuación (Bolin y Huxsoll, 1991) basado en CIELab analizadas en el software PhotoShop 7.0.

Diseño experimental. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial con interacciones, con tres factores: forma de corte con dos niveles (cubo, rodaja) y tipo de empaque (vacío, PET); y el tiempo de almacenamiento con niveles (0, 3, 6, 9, 12, 15 días), empleando el software SPSS 15.0 para Windows. Las diferencias fueron consideradas significativas a $p < 0,05$. La comparación entre medias utilizando el ensayo Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

La ZFC en cubos y rodajas empacada al vacío y en PET almacenadas por 15 días a $9 \pm 2^\circ\text{C}$ y HR del 89% no presentó aumento en los valores de SS ($^\circ\text{Brix}$). El tiempo en almacenamiento tiene un efecto significativo en los $^\circ\text{Brix}$ de la zanahoria ($p = 0.0001$) y el tipo de empaque ($p =$

0.03919), contrario al efecto de la forma en cubos y rodajas ($p = 0.5458$), similares resultados reportaron Alegria *et al.* (2010) en zanahorias rayadas y Pushkala *et al.* (2012) en zanahorias cortadas en empaques de LDPE perforados. En todos los tratamientos hubo una relación directa entre el aumento de los valores de pH y consecuente disminución de los valores de AT. En general los valores de pH variaron de 5,875 a 6,580. La acidez titulable ($p > 0,05$) de 0,23% a

0,01% excepto en la zanahoria en rodajas empacada en PET que vario hasta 0,12%. El incremento en azúcares simples y la disminución de ácidos orgánicos en un vegetal involucra reacciones enzimáticas favorecidas por el daño físico los cuales afectan la relación dulce/ácido del producto (Alegria *et al.*, 2009).

La ZFC en rodajas presentó un WI inicial de 27,52 y al final del periodo de almacenamiento un valor de 34,08 al vacío y 39,13 empacadas en PET. En cubos el valor WI final fue de 28,42 empacada al vacío y de 36,81 en PET, similares resultados fueron reportados por Alegria *et al.* (2010). La ZFC en cubos y empacada al vacío presentó menor grado de blanqueamiento que en rodajas empacadas en PET. El relativo aumento de WI durante el almacenamiento se relaciona con la deshidratación reversible de las capas de tejido externo asociada con la formación de compuestos fenólicos y lignina influenciada por la enzima PAL (fenilalanina amonioliasa) (Vargas *et al.*, 2009) (Figura 1).

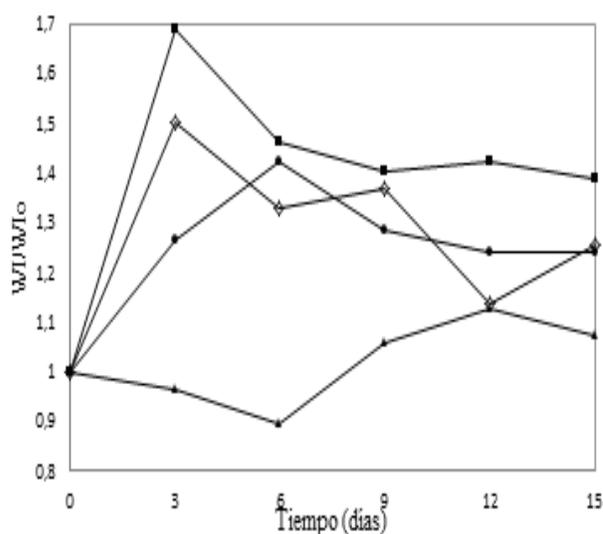


Figura 1. Variación de WI de ZFC almacenada a temperatura de $9 \pm 2^\circ\text{C}$ y 85 a 90% de H respecto

a los tratamientos: ●: Rodajas al vacío, ■: Rodajas PET, ▲: Cubos vacío y ◇: cubos PET.

CONCLUSION

El contenido de sólidos solubles en zanahoria fresca cortada son afectados por el tiempo en almacenamiento, al igual que por el tipo de empaque, sin tener influencia alguna el tipo de corte al que fue sometida.

En zanahoria fresca cortada, el tiempo de almacenamiento, forma de corte, el tipo de empaque y la refrigeración afecta el contenido de ácidos orgánicos reduciéndolos y por tanto proporcionado un aumento en los valores de pH.

El tratamiento agroindustrial que proporcionó la mejor conservación de los atributos de calidad de zanahoria fresca

cortada se refiere al corte en forma de cubos y empacada al vacío. De esta forma y bajo refrigeración a $9 \pm 2^\circ\text{C}$ y 85 a 90% de HR se conserva bien durante 15 días.

BIBLIOGRAFIA E

- Alegria, C., J. Pinheiro., E. Gonçalves., I. Fernández., M. Moldão and M. Abreu. 2010. Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 155-161.
- Alegria, C., J. Pinheiro., E. Gonçalves., I. Fernández., M. Moldão and M. Abreu. 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10: 61-69.
- Bolin, H. R., C. C. Huxsoll. (1991). Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science*. 56(2): 416-418.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 1999a. Jugo de Frutas y Hortalizas. Determinación del Contenido de Sólidos Solubles. Método Refractimétrico. Norma NTC 4624. Bogotá, Colombia. 6p.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 1999b. Productos Frutas y Verduras Determinación de pH trico. Norma NTC 4592. Bogotá, Colombia. 4p.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 1999c. Productos Frutas y Verduras Determinación de la Acidez Titulable. Norma NTC 4623. Bogotá, Colombia. 6p.
- Little, C. and I. Gillespie. 2008. Prepared salads and public health. *Journal of Applied Microbiology*. 105(6): 1729– 1743.
- Pushkala, R., K. Parvathy and N. Srividya. 2012. Chitosan powder coating, a novel simple technique for enhancement of shelf life quality of carrot shreds stored in macro perforated LDPE packs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 16: 11-20.
- Ramos, B., F. Miller., T. Brandão., P. Teixeira., C. Silva. 2013. Fresh fruits and vegetables -An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 20: 1– 15.
- Vargas, M., A. Chiralt., A. Albers and C. Gonzalez-Martinez. 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology*. 51: 263– 271.

Programación Integral de un Ambiente flexible Flow Shop que Minimiza la Tardanza Total Ponderada

Flexible Flow Shop Integral Scheduling to Minimize the Total Weighted Tardiness

Rafael Guillermo García Cáceres¹; Eliana María González Neira ²; Juan Pablo Caballero Villalobos³; Nelson Vladimir Yépes González⁴; Nestor Andres Carreño Fandiño⁵ y Oscar Orlando Ortiz Rodríguez⁶

- 1 Profesor Asociado. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Facultad de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia. rafael.garcia@escuelaing.edu.co
- 2 Profesor Instructor. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia. eliana.gonzalez@javeriana.edu.co
- 3 Profesor Asociado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia. juan.caballero@javeriana.edu.co
- 4 Profesor. Facultad de Ingeniería Industrial. Universitaria Agustiniiana. Bogotá, Colombia.valdy08@yahoo.es
- 5 Profesor. Facultad de Ingeniería Industrial. Universitaria Agustiniiana. Bogotá, Colombia. nacf@uniagustiniana.edu.co
- 6 Profesor Asociado. Universidad de Pamplona. Facultad de Ingeniería. Pamplona, Colombia. oscarortiz@unipamplona.edu.co

Resumen. Este artículo propone un enfoque de optimización integral para el problema de programación de la producción en Taller de Flujo Flexible (Flexible Flow Shop - FFS) estocástico con el objetivo de minimizar la Tardanza Total Ponderada. Este problema toma en cuenta la importancia de los trabajos como aspecto cuantitativo y cualitativo. Este problema es conocido como NP-hard. Para abordar la optimización integral se utiliza el Integral Analysis Method – IAM. Para la fase del análisis cuantitativo se propone en primer lugar la formulación matemática lineal entera y para solucionarlo se utiliza la meta-heurística GRASP la cual ha mostrado resultados destacados en programación de la producción y otros problemas

combinatorios. Las fases cualitativa y de integración hacen uso del SMAA determinístico y el SMAA-O respectivamente.

Palabras Clave: Optimización integral, Importancia de los trabajos, GRASP, criterio cualitativo, Integral Analysis Method – IAM, Cuello de Botella.

Abstract. This paper presents an integral optimization approach to solve a Stochastic Flexible Flow Shop Scheduling problem (FFS) in order to minimize Total Weighted Tardiness. This problem takes into account the weight of a job as quantitative like qualitative aspect. This problem has known as NP-hard in the strong sense. To solve the problem, methodology Integral Analysis Method – IAM

is applied. To solve the cardinal analysis an integral linear model is presented and GRASP metaheuristic was selected because have shown good results in other scheduling and combinatory optimization problems. The other two phases, qualitative and integration analysis, are solved with deterministic and ordinal versions of SMAA.

Keywords: Integral Optimization, job importance, GRASP, qualitative criteria, Integral Analysis Method – IAM, Bottleneck.

INTRODUCCIÓN

El problema de la programación de la producción en ambientes Flexible Flow Shop (FFS) ha sido ampliamente estudiado por su versatilidad y aplicabilidad en industrias químicas, petroquímicas, textil, electrónica (Azizoglu et al., 2001), industrias de empaque (Chen and Chen., 2009), alimentos, metalúrgicas y farmacéuticas (Gholami et al., 2008). No obstante, ha habido cuestionamientos por la cantidad de supuestos realizados que limitan su aplicabilidad en ambientes reales (Linn and Zahng, 1999; Ruiz y Vázquez-Rodríguez,

2010). En este trabajo se intenta lograr un avance en este sentido, proponiendo un enfoque de optimización integral, que contempla un ambiente FFS con tiempos de procesamiento estocásticos, e incluye la importancia de los trabajos (clientes), como parámetro cualitativo.

Las revisiones de artículos en FFS presentan clasificaciones según su método de solución empleado y las características del problema, encontrando como principal conclusión que se deben concentrar los esfuerzos en la aplicación de metodologías sofisticadas tales como métodos de descomposición, meta-heurísticas y procedimientos híbridos para la solución de problemas más complejos de FFS (Ruiz y Vázquez-Rodríguez, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la solución cuantitativa del problema planteado se propuso la meta-heurística GRASP, híbrida con un algoritmo de cuello de botella, desarrollado a través de un proceso iterativo de dos fases: constructiva, en donde se genera una solución factible y búsqueda local, encaminado a encontrar un óptimo local.

El problema a resolver es la versión estocástica del problema FFC | prmu | $\sum w_j T_j$:

Parámetros:

w_j : costo de penalización de entrega tardía por unidad de tiempo del trabajo j

$p_j^s(\epsilon)$: tiempo estocástico de procesamiento del trabajo j en la estación s

a : un número muy grande

Variables:

X_{jl}^{is} : 1 si el trabajo j es procesado en la posición l de la secuencia i , en la máquina i de la estación s , 0 en caso contrario

T_j : tardanza del trabajo j

F_j^s : tiempo de inicio de procesamiento del trabajo j en la estación s

C_j^s : tiempo de terminación de procesamiento del trabajo j en la estación s

Función objetivo:

$$\min \sum_{j=1}^n w_j T_j$$

Sujeto a:

$$(1) \sum_{i \in M_s} \sum_{j \in J} X_{jl}^{is} = 1, \quad l \in L, s \in S$$

$$(2) \sum_{i \in M_s} \sum_{l \in L} X_{jl}^{is} = 1, \quad j \in J, s \in S$$

$$(3) C_j^s = F_j^s + p_j^s(\epsilon), \quad j \in J, s \in S$$

$$(4) F_j^{s+1} \geq C_j^s, \quad j \in J, s \in S | s < \text{Card}(S)$$

$$(5) F_j^s + (1 - \sum_{i \in M_s} X_{jl}^{is}) * a \geq F_h^s + (\sum_{i \in M_s} X_{h(l-1)}^{is} - 1) * a, \quad h, j \in J | h \neq j, l \in L | l < \text{Card}(L), s \in S$$

$$(6) F_j^s + (1 - X_{jl}^{is}) * a \geq C_h^s + (X_{hq}^{is} - 1) * a, \quad h, j \in J | h \neq j; l, q \in L | q < l; i \in M_s; s \in S$$

$$(7) \sum_{i \in M_s} X_{jl}^{is} = \sum_{i \in M_{s+1}} X_{jl}^{is+1}, \quad j \in J, l \in L, s \in S | s < \text{Card}(S)$$

$$(8) T_j \geq C_{js} - d_j, \quad j \in J, s \in S | s = \text{Card}(S)$$

$$(9) F_j^s \geq 0, \quad s \in S, j \in J$$

$$(10) C_j^s \geq 0, \quad s \in S, j \in J$$

$$(11) T_j \geq 0, \quad j \in J$$

BIBLIOGRAFIA

- Azizoglu, M., E. Çakmak, and S. Kondakci. 2001. A flexible flowshop problem with total flow time minimization. *European Journal of Operational Research* 132(3): 528 -538.
- Chen, C. and C. Chen, 2009. A bottleneck-based heuristic for minimizing makespan in a flexible flow line with unrelated parallel machines. *Computers & Operations Research* 36(11): 3073–3081.
- García, R., J. Aráoz, and F. Palacios. 2009. Integral Analysis Method – IAM. *European Journal of Operational Research* 192(3): 891-903.
- Gholami, M., M. Zandieh, and A. Alem-Tabriz. 2008. Scheduling hybrid flow shop with sequence-dependent setup times and machines with random breakdowns. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 42(1-2): 189–201.
- Lahdelma, R. and P. Salminen. 2001. SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Operations Research* 49(3): 444–454.
- Linn, R. and W. Zhang, 1999. Hybrid Flow Shop Scheduling: A survey, *Computers and Industrial Engineering* 37(1-2): 57-61.
- Ruiz, R. and J. Vázquez-Rodríguez, 2010. The hybrid flow shop scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 205(1): 1-18.

Evaluación por Dos Métodos in vitro de Actividad Antimicrobiana de Propóleos Frente a Algunos Microorganismos de Interés Alimentario

In vitro Evaluation by Two Methods of the Antimicrobial Activity of Propolis Against Some Microorganisms of Alimentary Interest

Jessica Gómez¹; Nataly Peña¹; Camila Pérez¹; Carolina Gutiérrez-Cortés²; Héctor Suarez Mahecha³

¹ Estudiantes de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. jessicajohannagomez@hotmail.com, nati_p_alvarez@yahoo.es, camilaperezlugo@hotmail.com

²Autor de correspondencia: Estudiante de Doctorado en Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia - Bogotá. cgutierrezco@unal.edu.co

³Profesor Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia - Bogotá. hsuarezm@unal.edu.co

Resumen. El propósito del estudio fue demostrar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de propóleos (EEP) obtenido en Santander-Colombia frente a *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, microorganismos representativos en la industria de alimentos por ser causantes de cuadros clínicos importantes. Se utilizaron diferentes concentraciones de propóleos (20%, 40%, 60%, 80% y 100%) frente a cargas bacterianas de 10⁴ y 10⁵ aplicando los métodos de difusión en agar y macrodiluciones en tubo. Los EEP presentan un efecto anti-bacterial con mayor eficacia contra las bacterias gram positivas utilizadas, para las cuales se determinó una CMI del 20%. La técnica de dilución en tubos demostró que los propóleos presentan mayor efecto en líquidos lo que puede tener una aplicación importante en alimentos.

Palabras clave: Extractos etanólicos, apicultura, bioconservación, CMI, in vitro.

Abstract. The purpose of the study was to demonstrate antimicrobial activity of ethanol extract of propolis (EEP)

obtained in Santander-Colombia against *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*, representative microorganisms in the food industry because they cause important clinical symptoms. Different concentrations of propolis (20%, 40%, 60%, 80% and 100%) were used against bacterial loads of 10⁴ and 10⁵ using the agar diffusion method and macrodilutions in tube. The antimicrobial activity of EEP with a better efficacy against the Gram-positive bacteria used, which have a MIC of 20% was determined. The tube dilution technique showed that propolis has greater effect in liquids which may have an important application in food.

Key words: Ethanol extracts, beekeeping, bioconservation, CMI, in vitro.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han evidenciado los beneficios de emplear productos naturales para la conservación de alimentos. Uno de estos productos son los propóleos, sustancias producidas por

las abejas a partir de las resinas obtenidas de las plantas y utilizados para sellar las colmenas evitando la contaminación por bacterias y mohos (Marcucci, 1994). Debido a la capacidad antimicrobiana proporcionada por polifenoles, en mayor parte flavonoides, esteres y ácidos fenólicos (Haščík *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2005), han sido atribuidos a los propóleos diferentes efectos benéficos para la salud (da Cunha *et al.*, 2013). En este estudio fue evaluada la actividad antimicrobiana y la concentración mínima inhibitoria (CMI) de extractos etanólicos de propóleos *in vitro*, frente a algunos microorganismos frecuentes en alimentos utilizando una técnica en medio sólido y otra en medio líquido y se establecieron algunas diferencias según la técnica empleada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los propóleos provenían de apiarios ubicados en la vereda Morario, del municipio de Confines (Santander-Colombia). Fue realizada la extracción etanólica de los compuestos bioactivos de 200 g de propóleos con 800 mL de etanol al 96 % en una proporción de ¼ (1 porción de propóleos por 4 de etanol). Se dejó en reposo (48 horas), con posterior agitación, reposo durante 24 horas y filtrado. Fue determinada la composición del Extracto Etanólico de Propóleos (EEP) en cromatógrafo de gases. Fueron determinados los sólidos totales (ST) del sobrenadante de EEP por secado en horno y por duplicado. El peso fue determinado a temperatura ambiente utilizando una caja de Petri previamente desecada y adicionados 5 g de muestra llevándola al horno de secado a 70 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, fue determinado el peso final, utilizando la siguiente ecuación:

Para el análisis de la actividad inhibitoria fueron utilizadas cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enteritidis* ATCC13076 y *Listeria*

monocytogenes activadas en agar TSA (toda la noche a 37 °C). Se realizó un test de difusión en agar Mueller-Hinton, sembrando 0,1 mL de cada cepa en concentraciones de 104 y 105. Adicionalmente fue determinada la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por medio de dos métodos. En el primer método fueron impregnados discos de 6 mm de diámetro con 10 µL de EEP a diferentes concentraciones 20%, 40%, 60%, 80% y 100% (diluciones en alcohol etanólico al 96%). El control negativo fue alcohol etanólico al 96% y el positivo ampicilina (10 µL). Fueron incubadas durante 48 horas a 37 °C (Gutiérrez-Cortés, 2012). El segundo método fue por medio de macro dilución en tubo, se realizaron diluciones del EEP (40%, 60%, 80%) en tubos de caldo TSB utilizando las dos concentraciones de cada microorganismo, con un volumen final de 2 mL y se incubó a 37 °C durante 24 horas. Luego de este tiempo se realizó siembra en profundidad en agar SPC para verificar el crecimiento y la viabilidad de los microorganismos (Malbrán, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de sólidos solubles para los propóleos analizados fue de 1,6 mg/mL. El contenido de flavonoides fue estimado en 6,44 mg equivalentes de quercetina/ml de solución de propóleos. En este sentido Chaillou y Nazareno, (2009) indican que para los propóleos obtenidos en Argentina, esta concentración puede variar dependiendo del lugar de origen del mismo, lo que está directamente relacionado con la actividad antimicrobiana; estos autores reportan una concentración de flavonoides de 6 mg/mL con halos de inhibición de 9,3 mm. Valor menor a lo encontrado en el presente trabajo ya que se obtuvieron halos de 16 mm.

En la Tabla 1 se presentan los resultados encontrados para la CMI mediante la técnica de difusión en agar con discos impregnados de EEP para *L. monocytogenes* y *S. aureus*. *E. coli* y *S. enteritidis*

Tabla 1. Promedios de los diámetros de halos de inhibición obtenidos en la CMI (mm)

L. monocytogenes							S. aureus							
100%	80%	60%	40%	20%	C N	C P	100%	100%	80%	60%	40%	20%	C N	C P
15 ^b ± 2,8	15 ^b ±4,2	12,5 ^b ± 6,3	11,5 ^b ±4,9	12,5 ^b ±7,7	0	37	15 ^b ± 2,8	17 ^b ± 0	16,5 ^b ± 0,7	15 ^b ± 1,4	13 ^b 1,4	12 ^b ± 4,2	0	60
13 ^b ± 1,41	13 ^b ± 2,8	12 ^b ± 4,2	10,5 ^b ±3,5	11,5 ^b ± 0,7	0	15,5	13 ^b ± 1,41	15,5 ^b ±2,1	14 ^b ± 2,8	13,5 ^b ±3,5	12,5 ^b ±3,5	12,5 ^b 2,1	0	37

* Se presentan las desviaciones estándar de las medidas de los halos; CN: Control negativo – etanol 96%. CP: Control positivo – ampicilina; 100, 80, 60, 40, 20% concentraciones de los propóleos. Letras diferentes en la misma línea representan diferencias significativas p<0,05

no presentaron inhibición, debido a que su pared se comporta como barrera impidiendo el ingreso de sustancias tóxicas (Álvarez *et al.*, 2012). Sin embargo, en algunos trabajos se ha evidenciado efecto inhibitorio en bacterias gram negativas al utilizar concentraciones de 2 mg/mL las cuales son más altas a las utilizadas en este estudio (Torklak and Sert, 2013). Además se ha evidenciado la actividad contra *S. typhimurium* utilizando concentraciones de EEP de 1mg/mL (Choi *et al.*, 2006). Para el caso de *S. aureus* y *L. monocytogenes*, se determinaron halos de inhibición entre 13 y 17 mm tanto en las diluciones 10⁴ como en 10⁵ para las primeras concentraciones. Se presentó inhibición para *S.aureus* y *L. monocytogenes* en la dilución de EEP al 20%, por lo tanto fue determinado este valor como la CMI (Figura 1).

También se ha comprobado la acción inhibitoria de propóleos frente a *L. monocytogenes* a diferentes concentraciones y capaz de afectar su formación de biopelícula microbiana (Álvarez *et al.*, 2012).

Al realizar las macro diluciones en tubo para evidenciar la acción inhibitoria de EEP y determinar la CMI, se estableció que en medio líquido existe mayor difusión del agente antimicrobiano ya que no hubo crecimiento con ninguna. Similar comportamiento fue presentado para las bacterias gram negativas. Lo anterior reafirma la actividad antimicrobiana observada en la placa para las gram positivas. Adicionalmente, se evidenció actividad frente a gram negativas cuando la exposición se realizó en medio líquido, esto representa una

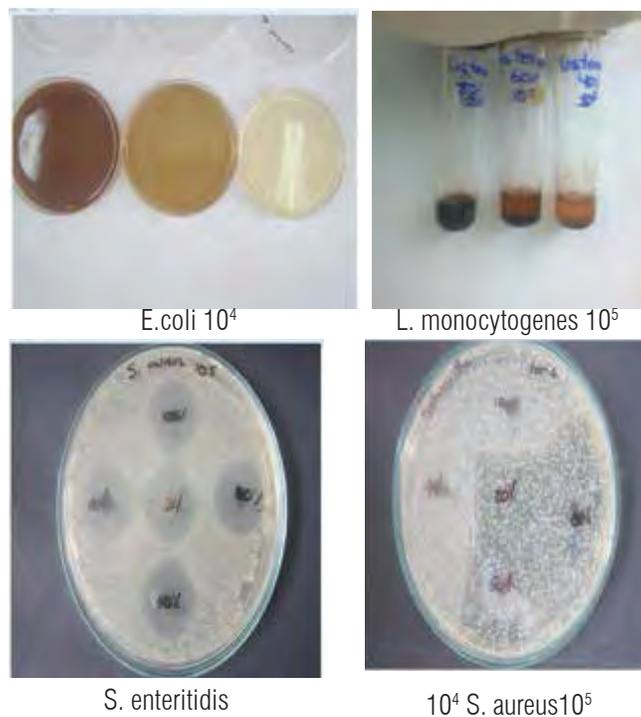


Figura 1. CMI para diferentes bacterias en medio de cultivo

alternativa para identificar la actividad antimicrobiana de sustancias naturales en bacterias gram negativas mejorando las condiciones para su difusión. En un estudio se utilizó esta técnica con una concentración bacteriana de 10⁸ presentando crecimiento de las diluciones más altas de propóleos, en el presente trabajo no se presentó crecimiento en ninguna debido a los inóculos empleados (10⁴ y 10⁵) (Gil *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La procedencia de los propóleos puede generar variaciones en la actividad antimicrobiana. El efecto antibacterial de los EEP resulta efectivo frente a bacterias gram positivas en bajas concentraciones, independientemente de la proporción en la que se encuentre. Los EEP no presentan actividad frente a microorganismo gram negativos, mayormente evidenciado cuando se realizan pruebas por método de difusión en agar. Sin embargo, en medio líquido puede ser una alternativa para empelarlos EEP como biopreservantes.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, M.V., M.R. Moreira and A. Ponce. 2012. Antiquorum sensing and antimicrobial activity of natural agents with potential use in food. *Journal of Food Safety* 32(3): 379-387.
- Chaillou, L. L., and M. Nazareno. 2009. Bioactivity of propolis from Santiago del Estero, Argentina, related to their chemical composition. *LWT - Food Science and Technology* 42(8): 1422-1427.
- Choi, Y. M., D.O. Noh, S. Y. Cho, H. J. Suh, K. M. Kim and J. M. Kim. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT - Food Science and Technology* 39(7): 756-761.
- Da Cunha, M. G., M. Franchin, L. C de Carvalho Galvão, A. L. T. G. de Ruiz, J. E. de Carvalho, M. Ikegaki and P. L. Rosalen. 2013. Antimicrobial and antiproliferative activities of stingless bee *Melipona scutellaris* geopropolis. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 13:23.
- Gil, M., A. Perelli, R. Alvarado, Y. Arias y E. Blumenthal. 2012. Actividad bacteriostática y bactericida de la tintura de propóleos sobre bacterias enteropatógenas. *Salus* 16: 21-25.
- Gutiérrez-Cortés, C. 2012. Evaluación del efecto de propoleos como biopreservante en chorizo. Tesis Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p46.
- Lu, L.-C., Y.-W. Chen and C.-C. Chou, 2005. Antibacterial activity of propolis against *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Food Microbiology* 102(2): 213-20.
- Malbrán, C.G. 2001. Determinación, M. D. E., Antimicrobiana, D. E. S., y Difusión, P.O. R.. Manual de procedimientos para la determinación de la sensibilidad a los antimicrobianos en bacterias aisladas de humanos Ministerio de Salud, 1-69.
- Gülçin, İ., E. Bursal, M.H. Şehitoğlu, M. Bilsel, A.C. Gören. 2010. Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology* 48(8-9): 2227-38.
- Torlak, E. and D. Sert. 2013. Antibacterial effectiveness of chitosan-propolis coated polypropylene films against foodborne pathogens. *International Journal of Biological Macromolecules* 60: 52-55.

Influencia de Emulsiones de Impregnación Antipardeantes sobre el Color de la Papa Durante el Almacenamiento

Influence of impregnation Antibrowning Emulsions From Over the Color of the Potato During Storage

Deisy Hernández B.¹; Misael Cortes Rodríguez ^{1*}; Francisco Castellanos² y Cynthia Stephanie Tobón Castrillón³

¹ Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. A.A. 568, Medellín, Colombia.

² Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia.

³ Institución Universidad Colegio Mayor de Antioquia. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera 78 # 65 - 46. Medellín, Colombia.

*Corresponding Author Email: mcortesro@unal.edu.co

Resumen. El color representa un atributo de calidad de mucha importancia para el consumidor moderno, siendo esencial en el momento de tomar una decisión de compra. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes emulsiones de impregnación sobre el color (coordenadas CIEL *a*b*) de láminas de papa (*Diacol capiro*) durante el almacenamiento. Se utilizó la metodología por impregnación al vacío para el transporte de las emulsiones al interior de la matriz. Se empleó un diseño de superficie de respuesta para optimizar el proceso, generando 13 emulsiones de impregnación, diseñadas con contenidos constantes de sal (NaCl 1% p/p), vitamina E (30%VDR/100 g) y vitamina C (30%VDR/100g), y se varió la concentración de ácido cítrico (100-250) mg/100 g. Las muestras se sometieron 5 min a condiciones de vacío (4,06 kPa) y 5 min a presión atmosférica local (85,32 kPa) y se almacenaron al vacío a 4°C, con control del color durante

15 días. Los parámetros de impregnación no presentaron cambios significativos por efecto de las emulsiones de impregnación; mientras que durante el almacenamiento de las muestras, la luminosidad (L^*) fue el parámetro de color más significativo, observándose un efecto blanqueador en la mayoría de los tratamientos. La optimización experimental del proceso reportó un mejor control del color con contenidos de 195,6 mg de ácido cítrico /100 g en la emulsión.

Palabras clave: *Diacol capiro*, Impregnación al vacío, VDR, parámetros de impregnación, coordenadas CIE $L^*a^*b^*$.

Abstract. Color is an important quality attribute to the modern consumer, being essential when making a purchase decision. The aim of this study was to evaluate the effect of different emulsions impregnation on the color (coordinates CIEL * a

* b *) of sliced potatoes (*Diacol capiro*) during storage. The vacuum impregnation methodology to transport emulsions within the matrix was used. A design surface response was used to optimize the process, generating 13 impregnation emulsions designed with constant contents of salt (NaCl 1% w / w), vitamin E (30% VDR/100 g), vitamin C (30% VDR/100g), and citric acid concentration (100-250) mg/100 g was varied. Samples were subjected to 5 minutes under vacuum (4.06 kPa) and 5 min vacuum at local atmospheric pressure (85.32 kPa) and stored at 4 °C, with color control for 15 days. Impregnation parameters showed no significant changes as a result of impregnation emulsions; while during storage of the samples, the brightness (L*) was the most significant parameter of color with a whitening effect observed in most of the treatments. Process optimization experimental reported better color control content of 195.6 mg of citric acid / 100 g acid in the emulsion.

Keywords: *Diacol capiro*, engineering matrix, vacuum impregnation, parameters of impregnation, CIE coordinates L* a* b*.

INTRODUCCIÓN

Las dificultades que implica el procesamiento de la papa a nivel industrial, debido a los problemas de pardeamiento de la estructura una vez cortada, representa un reto de los profesionales del sector. El pardeamiento en los alimentos es debido reacciones enzimáticas principalmente a la Polifenol Oxidasa (PPO) y a reacciones no enzimáticas (reacciones de maillard) (Jyothi *et al.*, 2010). La PPO actúa en dos diferentes reacciones: la hidroxilación de monofenoles a o-difenoles y la oxidación de o-difenoles a quinonas que posteriormente producen las melaninas responsables de otorgar un oscurecimiento del alimento y la pérdida nutricional del mismo Tomas y Espin, (2001) citado por Limbo y Pergiovanni (2006). Este tipo de oscurecimiento afecta la apariencia y la vida útil de los alimentos.

Trabajos previos en diferentes matrices alimentarias han evaluado el efecto de diversos tratamientos como escaldado, termosonicación, la adición de antioxidantes, la disminución de la presión parcial del oxígeno (presión de vacío), entre otros, los cuales tienen como objetivo principal inactivar las enzimas responsables de este fenómeno. El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de soluciones antipardeantes a base de vitamina E, ácidos cítrico y ascórbico, sobre el color con las coordenadas CIEL*A*B* de láminas de papa fresca, variedad *Diacol capiro* durante el almacenamiento, utilizando la impregnación al vacío (IV) como mecanismo de transporte de las soluciones al interior de la estructura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron láminas de papas (*Solanum tuberosum*) variedad *Diacol capiro* (espesor 3 ± 0.1 mm) obtenidas en un mercado local de la ciudad de Medellín. Se determinó el contenido de humedad (A.O.A.C, 2003), pH (NTC, 1999), sólidos solubles a 20°C por lectura refractométrica (A.O.A.C, 1998), acidez (g de ácido cítrico/100 g muestra, con NaOH 0,1N, utilizando fenoltaleína como indicador. La densidad de las disoluciones por el método del picnómetro (A.O.A.C, 1990). La densidad aparente (ρ_{apm}) del alimento por la relación de masa de la muestra y volumen desplazado.

El color se determinó utilizando un espectrofotómetro XRITE, modelo SP64, iluminante D65 y observador de 10° como referencia. Se obtuvieron las coordenadas de color del CIE-L*a*b* y el cambio de color $DE = [(DL^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

Experimentación IV. Los experimentos de IV fueron llevados a cabo en una cámara de impregnación al vacío, que cuenta con una bomba de vacío Dosivac DVR 140 y un vacuómetro (0–760 mm Hg). La presión barométrica local de experimentación fue de 85,32kPa mm Hg. El proceso IV consistió en sumergir las muestras en las diferentes soluciones de impregnación, sometidas a presión de (4.06 kPa) durante 5 min, posteriormente se restableció la presión barométrica del ambiente, manteniéndose sumergidas por otros 5 min.

La respuesta IV se obtuvo en términos de la fracción y deformación volumétrica en la etapa de vacío (X_1 : m³ de solución impregnada/m³ de muestra inicial y γ_1 : m³ de deformación en la muestra /m³ de muestra inicial) y se cuantificaron al final del proceso (X y γ), además de la porosidad eficaz (ee : m³ de gas/m³ de muestra).

El líquido de impregnación fue una emulsión isotónica, con fase acuosa (solución de NaCl al 1% p/p); se utilizó una mezcla de surfactantes, Span 60 (BHL=4,7) y Tween 80 (BHL= 15) (0,0294 y 0,0306 % p/p respectivamente, los cuales se fijaron con referencia a estudios previos. La adición de la vitamina E (DL-a tocoferol acetato) y ácido ascórbico se realizó con el criterio de incorporar el 30% del valor diario de referencia (VDR)/100g de papa fresca y el ácido cítrico en concentraciones de (100-250) mg/100g. Se impregnaron las papas en forma de láminas y almacenaron empacadas en condiciones de vacío a 4°C. El color se determinó a los 0 y 15 días (L0*, L15* y DE15).

Diseño experimental. Se optimizó el proceso utilizando el Software Design Expert 8.0 (Stat-Ease, Inc USA) y la metodología de superficie de respuesta con un diseño

experimental "Optimal", en función de la variable independiente concentración de ácido cítrico y las variables de respuesta: parámetros de impregnación (X, X₁, g, g₁, e), L* y DE, para este caso, DE se midió para cada experimento, considerando las coordenadas CIEL*a*b* en el día 0 y en el día 15. En total el diseño presentó 13 emulsiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos de las variables de respuesta en las papas en fresco, sometidas al proceso IV. Los parámetros de impregnación no presentaron diferencias significativas (p>0,05) por efecto del factor concentración de ácido cítrico, siendo los valores promedios (%) de X, X₁, γ, γ₁, y ee, 2,71 ± 0,67; -12,87±0,32; -5,02±1,3; -3,48±1,07 y 8,31±1,2, respectivamente. Los resultados positivos de X y ee definen la matriz como apta para el proceso IV, donde los cambios de presión aplicados generan cambios microestructurales en la matriz y además, la incorporación de los componentes de estudio en su interior. Algunos autores han obtenido mediante la aplicación de la IV, contenidos de ácido ascórbico diez veces el de la papa en fresco (Hironaka *et al.*, 2011). Los valores negativos de X₁, g, g₁ indican que la matriz experimentó una salida de líquido nativo desde el interior de

la estructura y una contracción volumétrica en cada etapa, producto del mecanismo hidrodinámico impuesto.

En las láminas de papa, la cromaticidad rojo-verde (a*) y la cromaticidad amarillo-azul (b*) no presentaron diferencias estadísticas significativas (p>0,05) con respecto al factor concentración de ácido cítrico en la emulsión, ni con el tiempo; mientras que (L*) si presentó diferencias significativas (p<0,05) con respecto a la concentración de ácido cítrico y no hubo con respecto al tiempo. L*, representó ser el parámetro de mayor interés en el control de color, observándose que los tratamientos de impregnación con las emulsiones utilizadas, generan un blanqueamiento a nivel microestructural y superficial que contribuye con la inhibición del pardeamiento. Este fenómeno ha sido observado en plátano Dominic Hartón por impregnación con soluciones antipardeantes a base de sulfitos o con mezclas de ácido ascórbico y cítrico (Cortés *et al.*, 2013). La optimización experimental del proceso se realizó maximizando la Luminosidad (más claro), así como los parámetros de impregnación X y εe. Estos criterios de optimización fijaron la concentración de ácido cítrico en la emulsión, en 195,63 mg /100g de papa fresca.

Observando el valor DE, los tratamientos con un mayor valor

Tabla 1. Respuesta a la IV de la papa y evolución de la Luminosidad en el tiempo.

Emulsión		Parámetros IV					Papa		
Aleatorización	A. Cítrico mg/100g	X (%)	X ₁ (%)	γ (%)	γ ₁ (%)	ε _e (%)	L ₀	L ₁₅	DE ₁₅
1	250	2,63±0,46	-11,01±7,80	-5,11±1,15	-3,92±1,28	7,94±1,70	70,55±2,47	73,13±2,82	3,50
2	137,5	3,53±0,22	-12,72±1,15	-3,30±0,14	-2,42±0,46	7,47±0,80	69,16±1,53	69,56±1,20	0,55
3	200	2,44±0,27	-11,56±0,89	-4,60±0,08	-4,10±0,12	8,17±0,50	79,04±5,30	73,12±2,11	10,45
4	175	2,60±0,40	-11,70±0,90	-6,10±0,07	-4,50±0,23	8,90±0,35	72,86±1,53	75,68±2,33	4,75
5	175	1,59±0,84	-13,73±1,64	-6,00±1,50	-3,74±0,92	7,71±1,90	72,25±1,66	72,93±1,63	6,73
6	100	2,89±0,26	-13,44±0,74	-5,80±0,25	-4,06±0,15	8,90±0,54	68,56±4,35	70,69±3,88	4,49
7	175	2,92±0,57	-12,21±8,69	-5,90±0,69	-3,84±0,37	7,95±0,47	69,04±0,92	75,66±2,80	7,76
8	250	3,54±0,04	-13,90±1,31	-4,20±0,41	-3,15±0,45	8,08±0,10	68,56±2,89	74,56±1,59	6,97
9	250	2,63±0,41	-12,88±0,35	-4,90±0,42	-3,94±0,58	7,90±0,40	71,41±2,51	73,85±1,68	2,74
10	100	3,64±0,98	-11,86±1,32	-4,90±0,76	-3,89±0,57	8,54±1,27	71,88±2,08	70,61±1,47	3,91
11	100	2,96±0,35	-10,74±1,46	-3,10±0,50	-1,85±0,60	5,58±1,07	67,97±2,79	71,41±2,01	5,75
12	212,5	2,83±0,54	-11,60±1,66	-3,50±1,20	-1,73±0,94	6,16±0,67	74,08±5,05	73,07±1,92	8,93
13	150	2,37±0,37	-14,41±3,35	-6,5±0,65	-4,5±0,31	9,0±0,69	70,07±2,22	75,51±1,87	6,44

del mismo, representan los que tuvieron mayor variación en las coordenadas CIEL*a*b* durante los 15 días y así mismo los que tienen un menor valor DE, son los que tuvieron una menor variación del color.

CONCLUSIONES

La técnica de impregnación al vacío representa un método efectivo en el control del pardeamiento de láminas de papa, utilizando emulsiones con vitamina E, ácidos cítrico y ácido ascórbico. La técnica adicionalmente, permite generar un mayor valor agregado a la papa, por adición de componentes con actividad fisiológica como la vitamina C y E.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C International Official Methods of analysis of AOAC. Edited by Kenneth Helrich. Volume I and II. Arlington, Virginia, USA, 1990.
A.O.A.C. International Official Methods of Analysis. International, 16th edition. Gaithersburg, MD, USA: AOAC; 1998.
A.O.A.C. International Official Methods of Analysis. International, 17th edition, Maryland, USA, 2003.

Cortés, M., R.M. Dávila and J. Gil. 2013. Impregnation solution influence on the pulp color of plantains (*Musa paradisiaca*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 66(1): 6949-6958
Hironaka, K, M. Kikuch, H. Koaze, T. Sato, K. Kojima, K. Yamamoto, M. Yasuda, S. Mori and K. Tsud. 2011. Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum-impregnation. *Food Chemistry*. 127(3): 1114–1118.
Instituto Colombiano de Norma técnicas y certificación. Norma Técnica Colombiana, NTC 4592. 1999. Productos de frutas y verduras. Determinación del pH. Bogotá, ICONTEC. 2-5p.
Jyothi, G., G. Krishnan, S.N. Padmaja, G. Moorthy, G. Suja and M.S. Sajeev. 2010. Effect of pre-soaking treatments on the nutritional profile and browning index of sweet potato and yam flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11(2): 387–393.
Limbo, S. and L. Piergiovanni, 2006. Shelf life of minimally processed potatoes Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest Biology and Technology*. 39(3): 254–264.
Barberan, F.A. and J.C. Espin. 1995. Phenolic compounds and related enzymes of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology*. 6:195–200.

Extracción de Cafeína a Partir del Café Tostado (*Coffea Arabica*) por Medio de Fluidos Supercríticos

Caffeine Extraction from Roasted Coffee (Coffea Arabica) by Means of Supercritical Fluids

Sara Hincapié Avila¹; Blanca Lucia Cardona Salazar²; Julián Londoño Londoño³; Ana María Restrepo Duque⁴

¹ Ingeniera de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia. sarahincapie@hotmail.com

² Ingeniera Química, Magister en Educación y Desarrollo, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia. blacardona@gmail.com

³ Químico Farmacéutico, Ph.D. en Ciencias Químicas, Director Grupo de Investigación Grial, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia. jalondo@gmail.com

⁴ Ingeniera Química, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia. anamariapo@gmail.com

Resumen. La cafeína es uno de los compuestos presentes en el café, de su consumo se abstiene un gran porcentaje de la población debido a sus efectos sobre la salud, por tal motivo es de interés evaluar la descafeinización del café tostado por medio de fluidos súper críticos, un método de descafeinización que no deja residuos de solventes orgánicos y que puede plantearse como un paso adicional en el procesamiento del grano. El objetivo fue evaluar la posibilidad de extraer la cafeína del café tostado y molido sin alterar el proceso previo del mismo. Las variables del experimento fueron temperaturas de 45, 50 y 55°C y presiones de 25, 30 y 35MPa. La medición de la cafeína se realizó en un espectrofotómetro Biotek synergy

HT, con una longitud de onda de 272 nm en un plato UV, la curva de calibración realizada, se preparó con concentraciones en un rango de 0,5 a 140 ppm. La descafeinización por solventes orgánicos mostró porcentaje de reducción del 91,9%, la mayor extracción de la investigación se logró a una temperatura de 45°C y una presión de 35MPa obteniendo un porcentaje de remoción del 42,0%. La extracción por fluidos súper críticos muestra ser una técnica adecuada al poderse establecer como un paso adicional al procesamiento tradicional del grano, obteniendo una descafeinización parcial del mismo, y dando un valor agregado al producto final al no contener ninguna traza de residuo orgánico.

Palabras clave: Descafeinización, solventes orgánicos, café comercial, espectrofotómetro.

Abstract. Caffeine is a compound found in coffee. Its consumption is rejected by an important group of the population due to its effects on health. Then it is of great interest the evaluation of the decaffeination process of roasted coffee by using supercritical fluids, a decaffeination method that leaves no residue organic solvents, and that it is intended to be added as an extra step in the coffee bean process. The aim was to evaluate the possibility of extracting caffeine from roasted and powdered coffee without altering its the previous process. The variables of the experiment were temperatures of 45, 50 and 55 °C, and pressures of 25, 30 and 35MPa The measurement of caffeine was carried out by a spectrophotometer Biotek Synergy HT, with a wavelength of 272 nm in a UV plate. The calibration curve was assembled with a concentration range between 0.5 to 140 ppm. The organic solvent decaffeination shows reduction percentage of 91.9%. The biggest extraction obtained in this study was achieved at a temperature of 45 °C with a pressure of 35MPa obtaining a removal rate of 42.0%. The supercritical fluid extraction method showed to be a suitable technique as it can be set as an additional step to the traditional bean process, given as a result a partial decaffeination and adding value to the final product without any trace of organic residue.

Key words: Decaffeination, organic solvent, commercial coffee, spectrophotometer.

INTRODUCCIÓN

La cafeína (C₈H₁₀N₄O₂) (1,3,7-trimetilxantina), es reconocida como un compuesto importante presente en el café, esta tiene propiedades de interés como la activación del sistema nervioso, sin embargo de su consumo se abstiene cierto grupo de la población por sus efectos nocivos a la salud (Park *et al.*, 2007), la tecnología de extracción por fluidos súper críticos, ha sido evaluada para la descafeinización de café verde, mas no es común encontrar esta descafeinización en café tostado, es de interés evaluar el comportamiento de extracción en café procesado, a fin tener la posibilidad de plantear la descafeinización del café por fluidos súper críticos, como una posible etapa adicional en el procesamiento del grano (Ramos, 2008), sin alterar el proceso tradicional, en el presente trabajo se variaran condiciones de presión y temperatura, estos son los parámetros que más influyen en la extracción (Ordoñez, 2006) (Gupta and Shim, 2007) (Tello *et al.*, 2011), (Jouyban *et al.*, 2002), de la cafeína del café tostado y molido en la tecnología de fluidos súper críticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción. Las variables del experimento, estas fueron las temperaturas de 45, 50 y 55°C y a las presiones de 25, 30 y 35MPa para las extracciones, por recomendación bibliográfica previa, se realizaron en un equipo "Supercritical Fluid Technologies, Inc SFT - 150 SFE System" con una duración de 60 minutos,

utilizando 10% de etanol como co-solvente (De azevedo *et al.*, 2008) (Icen *et al.*, 2010), fueron puestos a extracción 30gr de café suave variedad Colombia cultivado en el departamento de Antioquia, tostión media y un tamaño de partícula promedio de 425µm.

Medición de la cafeína. Se pesó 0,15gr de la muestra (Café comercial, café comercial descafeinado, café tostado molido, extracto del separador y café tostado molido después de la extracción), para las muestras sólidas se tomó un tamaño de partícula entre 180 y 425µm, se adicionó la muestra a un Erlenmeyer de 250mL aforándolo con agua destilada a 100mL conectando el Erlenmeyer a un sistema de reflujo que se dejó 30min en ebullición, se filtró la solución en caliente hacia un beaker de 250mL y mezclando a este 3gr de carbonato de sodio, a esta solución se le añadió 25mL de cloruro de metileno que se mezcló durante 10 minutos a velocidad media, se incorporó la solución a un embudo separador y en un beaker de 50ml se

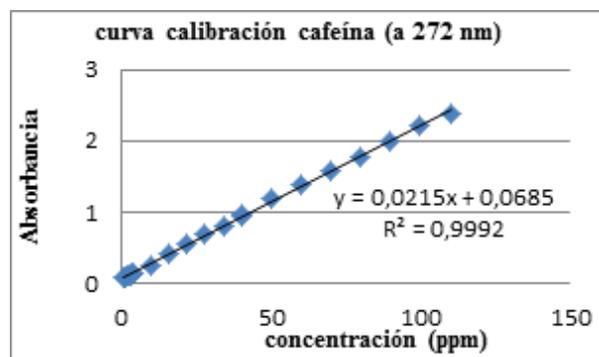


Figura. 1 Curva cuantificación de cafeína, tomada de la investigación "Diseño de una planta de Extracción de cafeína del café por la tecnología de Fluidos Súper Críticos"

tomó la parte inferior a esta se le añadió 0,1gr de sulfato de sodio mezclándolo cuidadosamente filtrando la solución hacia un beaker de 250mL, este permaneció en incubación a 45°C hasta evaporar por completo el cloruro de metileno, se añadió 100ml de agua destilada y se leyó a 272 nm en un espectrofotómetro Biotek synergy HT (Belay *et al.*, 2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de cafeína presente en el café que se trabajó en este experimento antes de comenzar la extracción, resultó concordar con la cantidad de cafeína que se debe encontrar en los granos (Aznar, 2011), cumpliendo con la norma técnica colombiana 3534 que indica que el mismo debe contener como mínimo un 1% de cafeína (Icontec, 2009), para el café descafeinado comercial (extraído por solventes orgánicos)

Tabla 1. Resultados de extracciones

Ensayo N°	Presión (Mpa)	Temperatura (°C)	Café extraído		Extracto líquido		Cafeína contenida en 1 Kg de café	Cafeína removida en 1 Kg de café	% Remoción
			ppm	%cafeína	ppm	%cafeína			
1	25	45	13,95	0,90	7,63	4,44	9,03	2,65	22,71
2	25	50	13,59	0,88	8,87	6,72	8,8	2,86	24,44
3	25	55	15,42	1,03	4,56	10,59	10,27	1,42	12,13
4	30	45	13,68	0,89	17,31	1,02	8,89	2,80	23,98
5	30	50	14,18	0,94	3,18	0,21	9,44	2,25	19,27
6	30	55	12,67	0,83	4,88	0,07	8,28	3,41	29,17
7	35	45	10,3	0,68	10,2	0,36	6,77	4,91	42,04
8	35	50	16,20	1,04	13,64	0,20	10,44	1,25	10,66
9	35	55	11,43	0,74	4,65	0,24	7,40	4,28	36,63
10	30	50	13,40	0,87	26,84	7,14	8,79	2,89	24,73

también se concluyó porcentaje de reducción de cafeína, a fin de que esta pudiera ser comparable con los del presente experimento, la más alta remoción de cafeína en el presente experimento fue de 42,0423%, mientras la descafeinización comercial por solventes orgánicos obtuvo un porcentaje de remoción de 91,9239%, es decir que el método de fluidos súper críticos para el café tostado y molido obtuvo una descafeinización parcial.

CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que sí es posible llegar a una metodología de descafeinización del café sin variar el proceso tradicional previo, al obtener una descafeinización parcial que cuenta con todas las ventajas de una extracción por la tecnología de fluidos súper críticos.

Es de esperar que en futuras investigaciones de descafeinización de cafeína por la tecnología de fluidos súper críticos, se tome como otra de las variables el tiempo de residencia, tomándose como matriz de trabajo la temperatura de 45°C en la de mayor rendimiento.

Se espera que trabajos como este sirvan a la caficultura Colombiana para optar por procesos alternativos que brinden al producto nacional un mayor valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

Aznar, S. C. 2011. "Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales". Barcelona - España.

- Belay, A., K. Ture. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry* 18(1):310-315.
- De azevedo, A.B.A., P. Mazzafera. 2008. Extraction of caffeine, chlorogenic acids and lipids from green coffee beans using supercritical carbon dioxide and co-solvents. *Brazilian journal of chemical engineering* 25(3):543-552.
- Gupta, R.B., J.J. Shim. 2007. Solubility in super critical carbon dioxide. Boca Raton : CRC Press.
- Icen, H., M. Guru. 2010. Effect of ethanol content on supercritical carbon dioxide extraction of caffeine from tea stalk and fiber wastes. *Journal of supercritical fluids* 55(1):156-161.
- Icontec. (2009). Norma técnica Colombiana 3534, Café tostado, en grano o molido. Bogotá: Icontec .
- Jouyban, A., H.K. Chan. 2002. Mathematical representation of solute solubility in super critical carbon dioxide using empirical expressions. *Journal of supercritical fluids* 24(1):19-35.
- Ordoñez, A. F. 2006. Estudio comparativo de la extracción de cafeína con CO2 super crítico y acetato de etilo. Medellín.
- Park, H.S., H. Lee. 2007. Effects of cosolvents on the decaffeination of green tea by super critical carbon dioxide. *Food chemistry* 105(3):1011-1017.
- Ramos, F. 2008. Café y sus productos vocabulario terminos y definiciones. Mexico D.F.
- Tello, J., M. Vigueroa. 2011. Extraction of caffeine from robusta coffee (*Coffea canephora* var. robusta) husks using supercritical carbon dioxide. *Journal of supercritical fluids* 59:53-60.

Aprovechamiento de Segundas, Terceras y Subproductos de Cosecha de Plátano

Use of Second, Third and Byproducts Plantain Harvest

Libardo León Agatón¹; Luis Fernando Mejía Gutiérrez²; Clara Elsy León Correal³

¹ Facultad de Ingeniería Universidad de Caldas, Manizales.

Email: luis.mejia_g@ucaldas.edu.co

² Docente, Facultad de Ingeniería Universidad de Caldas, Manizales. Email: llileon@ucaldas.edu.co.

³ Docente. Email: claraelsyleon@yahoo.com

Resumen. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar los residuos de cosecha y poscosecha del plátano para la formulación de productos en el ámbito de la seguridad alimentaria que contribuyan con el desarrollo económico sostenible de los productores dado que actualmente se desperdicia el 80% de los mismos. Se caracterizaron las segundas y terceras de acuerdo con las Normas Técnicas Colombianas vigentes y se formularon 4 productos: mermelada y bocadillo de plátano, masa para buñuelos y galletas de raquis. En la caracterización se realizó cálculo de peso, de rendimiento y grados Brix, el calibre A presentó el mayor peso (331 g) y un rendimiento del 67,9%. Las propiedades sensoriales de las formulaciones se evaluaron aplicando prueba afectiva a 10 jueces semientrenados analizada mediante Kruskal & Wallis con $p > 0.05$, obteniendo en mermeladas la mayor aceptación la muestra 246 (40% azúcar 60% pulpa), en el bocadillo la muestra 056 (40% azúcar 60% pulpa de plátano), en las galletas de raquis la muestra con diferencia significativa fue la 348 (80% harina de maíz 20% almidón de plátano), a su vez en la prueba a las galletas de raquis la muestra 200 (80% harina de trigo 20% harina de raquis).

Palabras clave: raquis, mermelada, almidón, bocadillo, harina, buñuelo, prueba afectiva.

Abstract. This study aimed to characterize waste harvest and postharvest plantain for developing products in the field of food security that contribute to sustainable economic development as producers currently waste 80 % of them . The second and third according to the Colombian Technical Standards effective products were characterized and 4 were made: jam and plantain bocadillo, buñuelo dough and raquis cookies. Weight calculation, performance and Brix were conducted during characterization. "A" caliber showed the highest weight (331 gr) and a yield of 67.9 % . Sensory properties of the formulations were assessed using an affective test to 10 semi-trained judges by Kruskal & Wallis $p > 0.05$, gaining greater acceptance in jams the sample 246 (40 % sugar 60 % pulp), sample 056 (40 % sugar 60 % plantain pulp) in bocadillo, and sample 348 (80 % corn flour 20 % plantain starch) and sample 200 (80 % wheat flour 20 % raquis flour) in rachis cookies.

Key words: raquis, jam, starch, bocadillo, wheat, buñuelo, affective test.

INTRODUCCIÓN

El 5.1% de la producción de plátano es para autoconsumo (DANE, 2013), las pérdidas se estiman en 12,2%, 300.000 t/año. Menos del 1% empleado por la industria de tajadas congeladas, deshidratados y harinas para pasabocas y alimentos infantiles, el resto es utilizado como abonos de cosecha por descomposición; el objetivo fue generar alternativas de producción en su cadena de valor, productos para autoconsumo, factibles de industrializar de forma amigable con el medio, que generen excedentes para el comercio local. Existen desarrollos importantes en la producción de etanol, empaques, artesanías, alimentación animal, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

A 5 kg plátano Dominico Hartón en la Universidad de Caldas en estado de maduración 6 y 7 (Belalcazar, 1991) se les determinó peso y rendimiento con balanza analítica Mettler Toledo 520 \pm 0.1 g, a la pulpa obtenida con despulpadora se midió °Brix por refractómetro (con corrección por temperatura y acidez) (NTC 4086, 1996); almidón por el método AOAC 2002.02/90; pH por el método A.O.A.C. 981.12/90. Para mermelada (NTC 285/ 2007) y bocadillo se utilizó despulpadora horizontal con tamiz refinador (0.5 mm.), a los productos se les realizó prueba sensorial afectiva y de comparaciones múltiples (Anzaldúa, 1994), a los datos obtenidos se hizo prueba Dunn y de Kruskal Wallis. Para la extracción de almidón vía húmeda (Betancur et al, 2004) el fruto verde desinfectado y pelado se trató con ácido cítrico al 3% por 15 minutos, se licuó en licuadora industrial a velocidad máxima por dos minutos, la suspensión obtenida se depositó en un recipiente y se dejó en reposo durante 4 horas, luego se llevó al secador de bandejas a temperatura constante de 40 °C. Para la harina de raquis, el raquis fresco y limpio se trató con ácido cítrico al 5 %, metabisulfito de sodio 0,5%, se secó a 60 °C/72 horas, se molió y tamizó en una malla 7 serie

Tyler, a esta se le realizó caracterización bromatológica. A partir de la pulpa se elaboró mermelada y bocadillo y de las harinas galletas y buñuelos. El análisis de los productos se realizó por medio de la prueba Kruskal and Wallis aplicando una prueba sensorial afectiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron muestras de segundas entre 200g y 299g de peso y terceras con peso menor de 200g (Cayón et al, 2000), las cuales tuvieron el rendimiento reportado en la Tabla 1. La evaluación de los productos desarrollados se reporta en la Tabla 2.

Tabla 1. Calibre y características del plátano dominico hartón de 2das y 3ras

GALLETAS DE RAQUIS				
Muestra	56	156	256	356
Suma Rango	384	317	340	330
R ² /n	14745,6	10048,9	11560,0	10890,0
h=2,54		Chi=7,81		
hcal= 2,84 > 7,81 (h0.05).				

Fuente: El autor 2008.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La muestra con mayor aceptación en la mermelada fue Azúcar 40%, Pulpa 60% industrial, en el bocadillo Azúcar 40%, Pulpa plátano 60%, en la masa para buñuelos Almidón plátano 20%, Maíz 80% y en las galletas de raquis Harina trigo 80%, Harina raquis 20%. En cuanto a la mermelada y el bocadillo las muestras con mayor aceptación presentaron mayor porcentaje de pulpa. En la masa y las galletas el porcentaje alto de maíz y trigo fue el preferido por los jueces.

CONCLUSIONES

A partir del raquis es posible obtener harina con un contenido de fibra y minerales que no poseen otras harinas, reemplazando hasta en un 20% de la formulación.

Con el aprovechamiento tecnológico de los residuos generados se disminuye la contaminación ambiental y la proliferación de plagas.

La transformación y generación de valor agregado de los subproductos del plátano genera empleos directos e indirectos que contribuyen al desarrollo económico y social de la región a la vez que disminuyen el impacto ambiental de la producción.

Es viable una formulación de cada uno de los cuatro productos, las cuales presentaron diferencias significativas importantes a nivel estadístico.

BIBLIOGRAFIA

- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica, ACRIBIA. ISBN 9788420007670.
- *AOAC Official Method 2005.18th edition 2005. Resistant Starch in Starch and Plant Materials, Enzymatic Digestion First Action.
- Parra, M. 2010. Diseño de la empresa para la producción y comercialización de harina de plátano dominico en la ciudad de Latacunga. Edit. Latacunga /Espel/2010 Perú.
- Departamento Administrativo nacional de estadística. 2013. Encuestas Anuales Manufactureras., Disponible en <www.dane.gov.co>

Tabla 2. Caracterización productos desarrollados.

MERMELADA				
Muestra	346	46	146	246
Suma Rango	340	320	384	330
promedios de rangos	34	32	38,4	33
R ² /n	11560	10240	14745	10890
hcal= 14,0543529 > 7,81 (h0.05)				
MASA PARA BUÑUELOS				
Muestra	48	148	248	348
Suma Rango	173	225	245,5	176,5
promedios de rangos	17,3	22,5	24,55	17,65
R ² /n	2992,2	5062,5	6027	3115,2
hcal= 7,01 > 7,81 (h0.05)				
BOCADILLO				
Muestra	56	156	256	356
Suma Rango	384	317	340	330
promedios de rangos	38,4	31,7	34	33
R ² /n	14745,6	10048,9	11560	10890
GALLETAS DE RAQUI				
Muestra	56	156	256	356
Suma Rango	384	317	340	330
R ² /n	14745,6	10048,9	11560	10890
h = 2,54		Chi = 7,81		

Evaluación del Almacenamiento de Pandebono Enriquecido con Hierro

Storage Evaluation of Iron Enriched Pandebono

Julián Alfredo López Tenorio¹; Eduardo Rodríguez-Sandoval² y José Uriel Sepúlveda Valencia³

¹ Ingeniero Agroindustrial. M. Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín, Colombia. jalopezten@unal.edu.co

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín, Colombia. edrodriguez@unal.edu.co

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín, Colombia. jusepul@unal.edu.co

Resumen. Las características fisicoquímicas y texturales del pandebono formulado con hierro se evaluaron durante el almacenamiento. Los pandebonos se empacaron y se almacenaron sobre estantes a temperatura ambiente durante 0h, 24h, 48h y 72h para efectuar determinaciones de peso, actividad de agua, humedad de la corteza y la miga, contenido de hierro y dureza de la miga. La actividad de agua y la humedad de la miga disminuyen mientras que la humedad de la corteza aumenta. Así mismo, la dureza de la miga se incrementa durante el almacenamiento. Por su parte, el peso y el contenido de hierro no sufrieron variación a través del tiempo de almacenamiento.

Palabras clave: almacenamiento, características fisicoquímicas, almidón, humedad.

Abstract. Physicochemical and textural characteristics of pandebono formulated with iron were evaluated during storage. Pandebonos were packed and stored at room temperature for 0h, 24h, 48h and 72h to make determinations of weight, water activity, crust and crumb moisture, iron content and crumb hardness. Water activity and crumb moisture decreases while the crust moisture increases. Crumb hardness is increased during storage. On the other hand, the weight and the iron content did not change during storage.

Keywords: storage, physicochemical characteristics, starch, moisture.

INTRODUCCIÓN

El mayor auge y crecimiento en popularidad de los alimentos funcionales se ha dado principalmente en el sector lácteo, mientras en la industria panificadora esta subdesarrollado. Sin embargo, los productos de panadería proporcionan una matriz ideal para la adición de ingredientes funcionales y para optimizar el consumo de micronutrientes de la población. Es así como ya se han desarrollado panes para ser fuente de calcio, ácido fólico, fibra dietaria y hierro (Omar *et al.*, 2009; Sabanis *et al.*, 2009). Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue elaborar un pandebono adicionado de hierro y evaluar el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y texturales durante 72h de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiaprimas: Almidón de yuca agrio, harina de maíz precocida, margarina, azúcar blanco y leche entera UHT se compraron en el mercado local. Queso tipo costeño fue suministrado por el Laboratorio de Productos Lácteos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Hierro aminoquelado biglicinado (10% hierro, 7% humedad) se adquirió en Bell Chem Internacional S.A. (Medellín, Colombia).

Preparación del pandebono: La adición de hierro se realizó para satisfacer el 15% del valor diario de referencia (VDR). Para determinar la cantidad se tuvo en cuenta las necesidades nutricionales de personas mayores de 4 años de acuerdo a la Resolución 333 de 2011 (Ministerio de la Protección Social, 2011). Inicialmente se mezclaron en una batidora los ingredientes secos junto con la margarina. La leche usada en la formulación se mezcló junto con el hierro, y posteriormente se agregó lentamente hasta desarrollar una masa suave y homogénea, la cual se dividió en porciones de 30g y se moldeó manualmente con la ayuda de un cilindro (diámetro = 47 mm, altura = 14mm). Las unidades de pandebono se hornearon a 235°C durante 15 min en un horno de gas (GFO-4B, GuangzhouYoujiaMachinery Co.).

Almacenamiento: Los pandebonos se empacaron en bolsas de polietileno y se almacenaron a temperatura ambiente. Se realizaron ensayos fisicoquímicos y texturales por triplicado pasadas 0h, 24h, 48h y 72h después de preparado y horneado el producto. La humedad se calculó siguiendo el método 44-19 de la AACC (American Association of Cereal Chemists). Actividad de agua (a_w) se midió con un higrómetro. La determinación del contenido de hierro se realizó utilizando el método de espectrometría de absorción atómica según la NTC 5151 (2003). La dureza de la miga se efectuó usando un analizador de textura equipado con una celda de carga de 25 kg (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, U.K.).

Análisis estadístico: Los datos se procesaron con el software Statgraphics Centurion XV versión 15.2.05 (2006) por medio ANOVA empleando un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los valores medios para las características evaluadas durante el tiempo de almacenamiento. El peso del pandebono resulta invariable durante el almacenamiento, es decir, el peso no difiere estadísticamente ($p > 0,05$) después de 72 h de horneado el producto. Por su parte, la actividad de agua del producto presenta diferencia significativa al hacer la comparación entre los tiempos de almacenamiento estudiados. Este mismo comportamiento fue reportado por Sidhu *et al.* (1997), quienes mostraron una disminución de la actividad de agua de panes de origen árabe. Este incremento de la humedad de la corteza se da después de 24 h de almacenamiento y su valor medio es significativamente diferente ($p < 0,05$). Finalmente, la humedad de la corteza disminuye a las 72h de almacenamiento. Cuando se alcanza las 72h, el valor medio de la humedad de la miga no es estadísticamente diferente comparado con las 48 h de almacenamiento ($p > 0,05$). Este comportamiento de las humedades de estas dos zonas del pandebono ocurre por la migración del agua a nivel macroscópico desde el interior del pandebono hacia la corteza, mediado por la diferencia de actividad de agua (Cauvain, 2004).

Un incremento progresivo de la dureza se da a través del almacenamiento hasta las 48h. El valor medio difiere significativamente ($p < 0,05$) al comparar el almacenamiento a las 0h, 24h y 48h. Estos resultados revelan el envejecimiento del producto, el cual se identifica además por pérdida de la frescura del producto en términos de sabor, aroma, humedad y textura (Gomes-Ruffi *et al.*, 2012). El envejecimiento está fuertemente asociado a la retrogradación del almidón, principalmente por las moléculas de amilopectina. Por otra parte, el contenido medio de hierro en el pandebono no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) durante los tiempos evaluados en el almacenamiento. El pandebono formulado bajo este estudio,

pesó en promedio 24,5 g, y aportó 2,2 mg de hierro, lo que representa alrededor del 12,2% del VDR para personas mayores de 4 años. Por esta razón, se puede afirmar que el producto elaborado es buena fuente de este nutriente de acuerdo a Resolución 333 de 2011 (Ministerio de la Protección Social, 2011).

CONCLUSIONES

La actividad de agua, humedad de la corteza y humedad de la miga cambiaron significativamente a través del tiempo de almacenamiento. Estos cambios se dieron por el movimiento del agua desde el interior del producto hacia la corteza mediado por la diferencia de concentración de agua. En cuanto a la dureza de la miga, ésta aumentó durante el almacenamiento, lo que refleja el envejecimiento del pandebono causado principalmente por la retrogradación del almidón. El contenido de hierro permaneció invariable durante el almacenamiento, indicando la buena estabilidad que tiene este micronutriente y la posibilidad que representa este producto para satisfacer necesidades nutricionales.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1995. Approved Methods of the AACC, 10th ed. AACC (American Association of Cereal Chemists), Method 44-19. St Paul, MN, USA.
- Cauvain, S.P. 2004. Improving the texture of bread. En: Kilcast, D. (ed.). Texture in food volume 2: Solid foods. Cambridge-England: Woodhead Publishing Ltd. p. 432-450.
- Ministerio de la Protección Social. 2011. Resolución 333 (10, febrero, 2011). Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Bogotá, D.C. El Ministerio. 56 p.
- Gomes-Ruffi, C.R., R.H.D. Cunha, E.L. Almeida, Y.K. Chang and C.J. Steel. 2012. Effect of the emulsifier sodium stearyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. LWT - Food Science and Technology. 49(1): 96-101.

Tabla 1. Características fisicoquímicas y texturales durante el almacenamiento.

Características evaluadas	Tiempo de almacenamiento (h)			
	0	24	48	72
Peso (g)	24,81 ± 0,62 ^a	24,61 ± 0,50 ^a	24,57 ± 0,45 ^a	24,0 ± 0,44 ^a
Actividad de agua	0,95 ± 0,002 ^a	0,93 ± 0,002 ^b	0,91 ± 0,002 ^c	0,90 ± 0,002 ^d
Humedad de la corteza (%)	11,48 ± 1,34 ^a	16,06 ± 0,69 ^b	16,04 ± 0,37 ^b	13,46 ± 0,78 ^a
Humedad de la miga (%)	34,32 ± 0,42 ^a	24,70 ± 1,58 ^b	20,98 ± 0,96 ^c	21,94 ± 0,57 ^c
Dureza de la miga (N)	2,85 ± 1,01 ^a	7,08 ± 1,89 ^b	10,65 ± 1,56 ^c	12,79 ± 2,25 ^c
Hierro (ppm)	87,0 ± 0,1 ^a	88,0 ± 2,82 ^a	89,5 ± 0,71 ^a	92,0 ± 1,41 ^a

Instituto Colombiano de Normalización y Certificación. 2003. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Metodo usando espectrometría de absorción atómica. NTC 5151. Bogotá D.C.: El instituto. 17 p.

Omar, R.M., H.M. Ismail, B.M.A. El-Lateef, M.I. Yousef, N.F. Gomaa and M. Sheta. 2009. Effect of processing on folic acid fortified Baladi bread and its possible effect on the prevention of colon cancer. Food

and Chemical Toxicology. 47(7): 1626-1635.

Sabanis, D., D. Lebesi and C. Tzia. 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. LWT - Food Science and Technology. 42(8): 1380-1389.

Sidhu, J.S., J. Al-Saqer and S. Al-Zenki. 1997. Comparison of methods for the assessment of the extent of staling in bread. Food Chemistry. 58(1-2): 161-167.

Desarrollo de Snack con Mezclas de Piel y Pulpa de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus* I)

*Development of Snack with Skin and Pulp Mixes of Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus* I)*

Patricia Miranda Villa¹; Gloria González Blair¹; Juliana Pardo Castiblanco²

¹ Docentes, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería de Alimentos. Dirección: calle 170 # 54A-10. E-mail: miranda.patricia@uniagraria.edu.co, gloria_blair@yahoo.com

² Ingeniera de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería de Alimentos. E-mail: pardo.juliana@uniagraria.edu.co

Resumen. En el fileteado de la tilapia, se obtienen piel y carne adherida al espinazo, que en la actualidad no son aprovechados por la Asociación de Piscicultores del Norte del Tolima; aumentando la disposición de residuos sólidos que requieren mayores controles ambientales. En la presente investigación, se desarrolló un snack mediante la aplicación de procesos tecnológicos donde se incorporó piel y carne de tilapia en tres proporciones diferentes. El análisis fisicoquímico y nutricional de la materia prima mostró diferencias significativas entre las muestras. El análisis microbiológico al ser confrontado con la normatividad, mostró un producto libre de contaminantes, de buena calidad y apto para el consumo humano.

Palabras clave: Calidad, pescado, residuos.

Abstract. In tilapia fillet skin and meat attached to the backbone are obtained, which currently are not used by the Asociación de Piscicultores del Norte del Tolima, increasing the disposal of solid waste that requiring further environmental controls. In this research, a snack was developed through the application of technological processes in which skin and flesh of tilapia was incorporated in three different proportions. The physicochemical and nutritional analysis of the raw material showed significant differences between the samples. Microbiological analysis when confronted with regulations showed a contaminant free product, good quality and apt for human consumption.

Key Word: quality, fish, residue.

INTRODUCCIÓN

La población mundial necesita disponer de más alimentos proteicos, con alta calidad biológica, los cuales se pueden suplir con fuentes de origen animal, en el cual la piscicultura es un gran aporte (FAO, 2012). En Colombia la producción acuícola también presenta alto desarrollo, sobresaliendo los cultivos de camarón, tilapia, trucha y cachama. Estas tres últimas son las principales especies desarrolladas en el país (Espinal *et al.*, 2005).

El porcentaje de residuo de la Tilapia después del fileteado es alto, del cual se generan residuos orgánicos como cabezas, colas, huesos, piel, escamas, vísceras y sangre que de acuerdo a su manejo puede provocar contaminación ambiental. Este dato se comprueba con estudios realizados por Rojas *et al.* (2011), sobre el rendimiento en canal y fileteado de la Tilapia nilótica, donde encontraron que el rendimiento del filete es el 42,40% del peso fresco y los residuos representan el 57,6% distribuidos en peso espinazo 15,47%, branquias 6,52%, vísceras 9,94%, aletas 7,32%, cabeza 14,02% y escamas 4,33%.

Con el desarrollo de este proyecto, se pretendió elaborar un snack tipo chicharrón a base de mezclas de piel y pulpa de carne de tilapia plateada con el objetivo de aprovechar la piel y la carne adherida al espinazo generados del fileteado de la tilapia, y de esta manera contribuir al fortalecimiento de la seguridad alimentaria del país y al aumento de la productividad de la cadena piscícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo la materia prima comprendida por piel y carne adherida a las espinas, proporcionadas por la Asociación de Piscicultores en Lérida – Tolima. Estas fueron empacadas en bolsas de polietileno y almacenadas en una nevera plástica con hielo para su conservación durante el transporte.

Caracterización proximal de la materia prima. Los métodos utilizados son los descritos por la AOAC, 2007. Análisis fisicoquímicos (humedad, pH y acidez); nutricionales (proteína, grasa, fibra cruda, cenizas, calcio, hierro y fósforo) y microbiológicos (*Staphylococcus aureus*, *Echerichia coli*, *Salmonella sp.* y *Vibrio cholerae*).

Establecimiento de las formulaciones. Se establecieron 3 formulaciones en donde se varió el porcentaje de piel (PI) y pulpa (P) de la siguiente manera: 75% (P) – 25% (PI), 50% (P) – 50% (PI) y 25% (P) – 75% (PI). Cada una de estas fue mezclada con almidón de maíz, agua, polvo para hornear y sal, luego moldeado, cocido y secado en láminas delgadas para que finalmente en contacto con aceite caliente se expanda y adquiera textura crocante.

Escogencia de la mejor formulación. Se aplicó un test sensorial de tipo afectivo a 100 consumidores no entrenados, quienes escogieron el producto de mayor agrado de acuerdo con su apariencia general.

Diseño experimental y análisis estadístico. El experimento fue por bloques completamente al azar. Cada ensayo se realizó por

triplicado. El análisis de varianza y la prueba de comparación de rangos múltiples de tukey con probabilidad del 95%, fueron usadas para establecer las diferencias significativas. El software estadístico utilizado fue SAS/STAT, 2002 versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de humedad obtenido para la pulpa de carne es mayor a los reportados por Izquierdo *et al.* (2001) con valores de 72,36%. Para la piel, los valores son similares a los reportados por Rodríguez (1994), donde oscilan entre 57-68% para la piel (ver Tabla 1).

Con relación al pH de las muestras, no presentan diferencias significativas y es cercano a la neutralidad. Lo que indica que el pescado puede ser fácilmente contaminado por bacterias patógenas. Por otro lado, los resultados de acidez, con predominancia de ácido láctico, deben ser controlados debido a la gran influencia en la caducidad y seguridad del producto.

El contenido de proteína hallado en las muestras de pulpa de carne de tilapia fue más alto en comparación a las reportadas por Izquierdo *et al.* (2001) y Lorenzo. (2001) con valores de 23,34% y 21% respectivamente. El alto contenido de proteína indica la importancia que tiene el pescado en la alimentación humana, por ser proteínas consideradas de alto valor nutricional. EL contenido de grasa es alto con relación a la reportada por Lorenzo. (2001) - 1% y Rodríguez. (1994) – 6 a 8%. Los resultados obtenidos en la investigación muestran diferencias significativas entre la pulpa de carne y la piel.

El contenido de calcio (mg/100g) en pulpa de carne de tilapia (60,03

Tabla 1. Resultados caracterización proximal.

	ANÁLISIS	MUESTRAS	
		Pulpa	Piel
Fisicoquímicas	Humedad	80,91a ± 0,24	81,25a ± 15,28
	Ph	6,48a ± 0,23	06,81a ± 0,23
	Acidez	0,220a ± 0,014	0,24a ± 0,07
Nutricionales	Proteína	25,04a ± 6,70	15,56b ± 2,85
	Extracto etéreo	2,37a ± 2,65	06,12b ± 6,74
	Fibra cruda	45,84a ± 30,69	02,43c ± 8,27
	Cenizas	0,990a ± 0,007	1,000a ± 0,035
	Calcio (mg / 100)	60,03a ± 35,66	09,59a ± 57,89
	Hierro	-	-
	Fósforo	12,17a ± 3,54	7,16a ± 64,19
Microbiológicos	<i>Staphylococcus aureus</i>	10 UFC/g	
	<i>Echerichia coli</i>	Menor a 100 UFC/g	
	<i>Salmonella sp.</i>	Negativo / Ausencia	
	<i>Vibrio cholerae</i>	Negativo / Ausencia	

mg/100g) fue alto en comparación con lo mostrado por Izquierdo. (2001) en muestras de pulpa de carne de tilapia en Venezuela (15,66 mg/100g) y lo reportado por Perea *et al.* (2008) en la ciudad de Bucaramanga (15-33 mg/100g). Según los datos encontrados para las muestras evaluadas, la cantidad de fósforo es mayor en la pulpa de carne que en la piel. En cuanto a los resultados de hierro, las lecturas indican que las muestras evaluadas no presentan este mineral en cantidades cuantificables por la técnica analítica utilizada.

De acuerdo con los resultados microbiológicos obtenidos en piel y pulpa de carne, se puede evidenciar que estos no tuvieron diferencias significativas entre ellos. Al confrontar los valores de cada una de las muestras con la Resolución 122/12, se considera que microbiológicamente el producto se encuentra libre de contaminantes, es de buena calidad y es apto para el consumo humano.

Con relación al análisis sensorial de las tres formulaciones de snack, es importante aclarar que no existieron diferencias significativas entre las formulaciones (Tukey $P < 0,05$). Destacando los panelistas mayor preferencia por la formulación 2 (50% P – 50% PI), expresando que tenía un sabor más acentuado y mejor textura.

CONCLUSIONES

La caracterización proximal de la materia prima, mostraron diferencias significativas entre las partes de la tilapia. Se obtuvo el snack de pescado con características sensoriales agradables al paladar, con la escogencia de la formulación 2, por tener un sabor más acentuado a pescado, mejor crocancia y textura.

Evaluación de los Parámetros de Color del Efecto de Achiote (*Bixa orellana* L.) como Sustituto Parcial de Nitritos y Rojo Punzo en un Producto Cárnico.

*Evaluation of Color Parameters of the Effect of Achiote (*Bixa orellana* L.) as a Partial Substitute for Nitrites and red number 40 in a Meat Product.*

Julián Quintero Quiroz¹; Gelmy Ciro Gomez²; José Edgar Zapata Montoya³

¹. Ingeniero de Alimentos, Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Departamento de alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Sede Medellín. jquintero0627@gmail.com

². Ph.D. Ingeniería, Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Departamento de alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Sede Medellín. Gelmyciro@gmail.com

³. Ph.D. Biotecnología, Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Departamento de alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Sede Medellín. jedgar_4@yahoo.es

Resumen. Se evaluó la sustitución parcial de sales de nitritos (SN) y rojo punzo (RP) con la implementación del achiote (CA) como colorante natural en la formulación de salchichas tipo tradicional, sin afectar los parámetros de

color y la seguridad microbiológica del producto. Inicialmente se cuantificó la concentración mínima inhibitoria (CMI) de la SN contra esporas sulfito reductoras de *Clostridium spp* por el método de microdilución en caldo con el objetivo

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (2007). Official Methods of Analysis of AOAC International, Association Official Analytical Chemists.
- Espinal, C.F., H.J. Martínez, F.A. González. 2005. La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica: 1991-2005. En: Agrocadenas, <http://www.agrocadenas.gov.co>; consulta: octubre de 2013.
- FAO, 2012. Programa de información de especies acuáticas *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). En: Departamento de pesca y acuicultura, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es#tcNA00AO; consulta: noviembre de 2013.
- Izquierdo, P., G. Torres, M. Allara, E. Márquez, Y. Barboza y E. Sánchez. 2001. Análisis proximal, contenido de aminoácidos esenciales y relación calcio/fósforo en algunas especies de pescado. Revista científica de ciencias veterinarias. 9(2): 95-100.
- Lorenzo, M.J. 2011. Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra tilapia (*Oreochromis sp.*). Tesis para optar el título de ingeniero de alimentos. Campus Tuxtepec. Universidad del Papaloapan. Oaxaca. 45p.
- Perea, A., E. Gómez, Y. Mayorga y C.Y. Triana. 2008. Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. Archivos latinoamericanos de nutrición, Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición, 58(1): 91-97.
- Rodríguez, V.G. 1994. Procesamiento artesanal e industrial del pescado de aguas continentales y la utilización de los desechos. En: Depósitos de documentos de la FAO, <http://www.fao.org/docrep/008/t4460s/T4460S04.htm>; consulta: enero de 2014.
- Rojas, B., D. Perdomo, D. García, M. González, Z. Corredor, P. Moratino y O. Santos. 2011. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad chitalada producida en el estado de Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical, 29(1): 113-126.

de definir el rango de trabajo que presente una seguridad microbiológica del producto. El rango de variación usado de los compuestos aportantes de color fueron, SN de CMI hasta 200 ppm; RP de 0 a 200 ppm y CA de 0 a 600 ppm. A 10 formulaciones diversas de salchichas, se les evaluaron las coordenadas de color L* (claridad), C*ab (croma), hab(tono) y ΔE^*ab (tolerancia del color) usando un colorímetro portable (X-Rite modelo SP62) (iluminante D65, observador de 10°). Los resultados demostraron que la SN presenta actividad antimicrobiana contra esporas de Clostridium spp. a partir de una CMI 100 ppm y esta misma es el principal aditivo aportante de color en los productos cárnicos. Se observó además que la combinación de SN a 150 ppm, RP 100 ppm y CA a 300 ppm, el cual reporto un ΔE^*ab de 2,55 tomando como referencia una formulación promedio de la industria y resultados reportados por previas investigaciones (Quintero Quiroz; Ciro Gomez et al., 2013), logra disminuir el uso de los aditivos sintéticos, sin poner en riesgo la calidad sensorial del producto, en este caso específico el parámetro de color, ni su calidad microbiológica.

Palabras clave: Salchicha, microbiología, claridad, croma, tono, tolerancia de color.

Abstract. Partial replacement of nitrite salts (SN) and red number 40 (RP) with the implementation of the achiote (CA) as a natural dye in the formulation of the traditional sausages without affecting the color parameters and microbiological safety of the product was evaluated. Initially the minimum inhibitory concentration (MIC) of the SN against spores of sulphite reducing Clostridium spp by broth microdilution method was quantified in order to define the range of work submitted by a microbiological safety. The variation range of the used color composites were contributors, SN of CMI to 200 ppm; RP of 0 to 200 ppm and from 0 to 600ppm CA. Color coordinates L* (lightness), C*ab (chroma), hab (hue) and ΔE^*ab (color tolerance) using a portable colorimeter (X-Rite SP62 model) (illuminant D65, 10° observer) were evaluated on ten different formulations of sausages. Results demonstrate that the SN has antimicrobial activity against spores Clostridium spp. from a CMI 100ppm and this is the main contributor same color additive in meat products. It was also observed that the combination of SN 150 ppm, 100 ppm and CA RP 300 ppm, which reported a 2.55 ΔE^*ab compared with an average formulation of the industry and results reported by previous research (Quintero-Quiroz; Ciro Gomez et al., 2013), manages to reduce the use of synthetic additives, without compromising the sensory quality of the product, in this specific case the color parameter, and microbiological quality.

Key words: Sausage, microbiology, clarity, croma shade tolerance color.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los embutidos cárnicos representan un 16% del gasto total en la compra de alimentos (Marcelo, 2010). Como agente conservante de este tipo de productos se ha utilizado las sales de nitratos debido a su capacidad para inhibir el crecimiento y proliferación de las esporas del Clostridium botulinum; adicionalmente, reacciona con la mioglobina, contribuyendo y estabilizando el color característico. Otro aditivo aportante de color en los embutidos cárnicos es el colorante artificial rojo punzo 4R (rojo N40 o rojo ponceau) (Valdés, 2002; Carrasco et al., 2009). Por otro lado, estudios científicos han reportado que el uso de estos aditivos artificiales generan efectos nocivos al consumidor, los nitritos por su parte, una vez consumidos, reaccionando con aminas y amidas que conllevan a la formación de N-nitrosocompuestos, que han sido clasificadas como potentes carcinogénicos (Walker 1990, Tricker y Preussmann 1991). Paralelamente, se ha relacionado el consumo del rojo punzo con la hiperactividad de niños en edad escolar lo cual puede considerarse un mal neuronal agudo (Garzón, 2008). Esta problemática ha conllevado a la búsqueda y utilización de sustitutos de origen natural, tal es el caso de la especie vegetal Bixa orellana (achiote, annato), originaria de América Central, su pigmento es una sustancia resinosa y aceitosa, está formado fundamentalmente por bixina (cis y trans), con trazas de norbixina, éster de dimetil bixina y otros apocarotenoides (Smilen-Bell et al., 2012; Gómez, Castillo et al. 2012). Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la sustitución parcial de sales de nitritos y rojo punzo con la implementación del achiote como colorante natural en la formulación de salchichas tipo tradicional, sin afectar significativamente los parámetros de color y la seguridad microbiológica del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la concentración mínima inhibitoria (CMI) de SN contra esporas de Clostridium spp. sulfito reductores aisladas de una trozo de carne expuesto al ambiente por 5 días (ICONTEC 2007). Posteriormente, se produjeron 10 muestras de salchichas según la formulación tradicional con diversas combinaciones de SN (CMI a 200 ppm), RP (0 a 200 ppm) y CA (0 a 600 ppm). Las propiedades ópticas se analizaron mediante un colorímetro portable (X-Rite modelo SP62) (iluminante D65, observador de 10°) y fueron: las coordenadas de color L* (claridad), C*ab (croma), hab (tono) y ΔE^*ab (tolerancia del color); en esta última se tuvo como muestra patrón la muestra uno (200 ppm SN, 0 CA y 200 RP), formulación promedio implementada en la industria. Se realizó un ANOVA ($P < 0,05$) junto con el Test de Tukey, usando el software Graphpad Prism 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El NS activado fue capaz de inhibir la reactivación de las esporas sulfito reductoras de *Clostridium* spp. a una CMI de 100 ppm, coinciden con otros estudios realizados previamente, los cuales reportan que a una concentración de 100 $\mu\text{g/g}$ el NS es capaz de inhibir las esporas de *Clostridium* sporogenes. (Collins-Thompson *et al.*, 1984). Por tal motivo, fue seleccionada esta concentración como la CMI de trabajo para garantizar la seguridad microbiológica de los productos

de salchichas que contenían en su formulación extracto de Bixa orellana se reporta que con un ΔE^*_{ab} de 2,74 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, corroboraron resultados instrumentales con un análisis sensorial de ordenamiento de acuerdo al criterio de color siguiendo el método descrito en la norma técnica colombiana (NTC 3930) con 16 jueces entrenados (Quintero, 2013; Ciro *et al.*, 2013). Por tal motivo, y de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 2 podemos pensar que en

Tabla 1. Formulaciones de salchichas tipo tradicional.

Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L^*	66,33 \pm 0,15	64,34 \pm 0,06	65,74 \pm 0,10	66,00 \pm 0,16	67,13 \pm 0,13	65,50 \pm 0,12	64,36 \pm 0,07	67,52 \pm 0,14	67,42 \pm 0,08	67,22 \pm 0,06
ΔE^*_{ab}	0,00 \pm 0,08	2,64 \pm 0,09	0,93 \pm 0,25	1,22 \pm 0,19	2,81 \pm 0,13	1,52 \pm 0,09	2,55 \pm 0,08	1,60 \pm 0,16	2,31 \pm 0,10	1,25 \pm 0,07
h_{ab}	21,55 \pm 0,10	22,32 \pm 0,08	21,69 \pm 0,13	21,62 \pm 0,09	22,97 \pm 0,18	21,88 \pm 0,06	22,17 \pm 0,06	22,53 \pm 0,08	22,64 \pm 0,11	22,64 \pm 0,09
C^*_{ab}	57,78 \pm 0,20	61,99 \pm 0,22	60,21 \pm 0,57	62,08 \pm 0,49	65,59 \pm 0,32	60,90 \pm 0,33	61,58 \pm 0,21	60,63 \pm 0,58	63,15 \pm 0,18	60,25 \pm 0,42

Tabla 2. Resultados de análisis de color para las distintas formulaciones.

Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
NS (ppm)	200,0	150,0	200,0	CMI	CMI	CMI	150,0	200,0	CMI	200,0
Annato(ppm)	0,0	300,0	0,0	0,0	600,0	0,0	300,0	600,0	600,0	600,0
RP (ppm)	200,0	100,0	0,0	0,0	0,0	200,0	100,0	0,0	200,0	200,0

y se realizaron las 10 formulaciones que se observan en la Tabla 1. Los resultados para el análisis de color en términos de claridad (L^*), tolerancia del color (ΔE^*_{ab}), Croma (C^*_{ab}) y el tono de color (h_{ab}) se presentan en la Tabla 2. Para el parámetro L^* , fue encontrado diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre la muestra patrón M1 y las muestras M2, M7 y M9; en estas últimas fueron usados simultáneamente el RP y CA, este efecto resalta en M2 y M7, que son replicas, y que presentaron valores de 64,33 \pm 0,06 y 64,36 \pm 0,07 respectivamente, siendo estos valores los más bajos de todos los análisis, llevando al producto a una condición de un material considerado opaco. Los valores de C^*_{ab} y h_{ab} para la muestra M1 son más bajas con y sin diferencia estadística significativas respectivamente que las encontradas para las demás muestras. Estos resultados indican que el cambio de formulación en los aditivos aportantes de color no genera cambios en el tono del producto pero si en pureza del color, posiblemente generando un opacamiento del producto percible por el consumidor y afectar su aceptación. Analizando ΔE^*_{ab} , nos basamos en estudios previos realizado por Quintero *et al.*, (2013), en el cual analizaron los parámetros de color a muestras

la única muestra en la que sería evidente el cambio de color es en la muestra 5; mientras que las muestras que tiene menor ΔE^*_{ab} son las que tiene una alta concentración de SN o ausencia de RP y CA con lo cual indica que los nitritos aportan mayor color en este tipo de productos.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que SN tiene una actividad antimicrobiana contra esporas sulfito reductoras de *Clostridium* spp. a una CMI de 100 ppm y este mismo es el principal aditivo en estos tipos de productos que aporta el color característico. Basados que la tolerancia del color y en el objetivo de la investigación; se puede considerar que la formulación de SNa 150 ppm, RP 100 ppm y CA a 300 ppm, se logra disminuir el uso de las SN y de RP en referencia a la industria actual en un 25% y 50 % respectivamente; generando productos que disminuyan el impacto negativo que el uso de aditivos artificiales ocasiona a la salud del consumidor, sin poner en riesgo la calidad sensorial del producto, en este caso específico el parámetro de color y continuar garantizando la inocuidad del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco, R.S., S.J. Duque and J.F. Rey. 2009. Sustitución del colorante rojo punzó 4R por hemoglobina en polvo en la elaboración de un derivado cárnico y su impacto en la textura del producto. *Épsilon* 13: 155-161.
- Ciro, G., J.C. Quintana, J.C. Alarcon and J.E. Zapatal. 2012. Ethanol extract from leaves of *bixa orellana* L.: a potential natural food preservative. *Interciencia* 37(7): 547-551.
- Collins-Thompson, D. L., B. Krusky and W.R. Osborne. 1984. The Effect of Nitrite on the Growth of Pathogens during Manufacture of Dry and Semi-dry Sausage. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 17(2): 102-106.
- Garzón, G. A. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biol Colomb* 13(3): 27-36.
- ICONTEC, 2007. Norma Técnica Colombiana. NTC 4834. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de *Clostridium sulfito reductores* e identificación de *Clostridium perfringens*-Técnica de recuento de colonias. B. Icontec.
- Marcelo, B. P.D. 2010. El Efecto de la sustitución de grasa animal (cerdo) por grasa vegetal (Danfat FRI – 1333) en la formulación y elaboración de salchichas Frankfurt. *Ciencia e ingeniería en alimentos, Universidad Técnica de Ambato*.
- Quintero-Quiroz, J., et al. (2013). Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de semilla de *Bixa orellana* L. en una matriz cárnica. XII Conferencia Internacional sobre Ciencias y Tecnología de Alimentos. D.I.P.L. I. Alimenticia. Cuba: 127.
- Smilin-Bell, A.G., R. Shamna, B. Sangeetha and J.M. Sasikumar. 2012. "In vivo antioxidant activity of bark extract of *Bixa orellana* L. against acetaminophen-induced oxidative stress." *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 1691(12):701-705
- Tricker, A and R. Preussmann. 1991. "Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential." *Mutation Research/Genetic Toxicology* 259(3): 277-289.
- Valdés, M. E. L. 2002. Nitrito de sodio en productos cárnicos elaborados en Cienfuegos. *Revista Cubana Aliment Nutr* 16(1): 19-22.
- Walker, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives & Contaminants* 7(6): 717-768.

Evaluación del Índice de Daño de Botrytis Cinérea con Aplicación de Ácido Salicílico en Frutos de Mora de Castilla (*Rubus Glaucus Benth*)

Evaluation of Damage Index of Botrytis Cinerea with Application of Salicylic Acid in Fruit of Blackberry (Rubus Glaucus Benth)

Alexa Patricia Quiñones Guarnizo¹; Juan Pablo Quintero Cerón²;
Daniel Alexander Méndez Reyes³; Yanneth Bohórquez Pérez⁴

¹ Estudiante de pregrado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. alexapatico1916@gmail.com

² Estudiante de maestría, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. jpquinteroc@ut.edu.co

³ Investigador asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. damendezre@ut.edu.co

⁴ Docente asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. ybohorq@ut.edu.co

Resumen. *Botrytis cinerea* o moho gris es un patógeno de alta incidencia en precosecha y poscosecha de diversos productos hortofrutícolas, destacándose en frutos de mora de castilla como la enfermedad con mayor impacto negativo, que genera pérdidas de hasta el 100% de las poli drupas cosechadas a pesar de mantener condiciones de almacenamiento como, bajas temperaturas (2 ± 1 °C) y humedades relativas controladas (75 – 85% HR). Por tal motivo la determinación del índice de daño fúngico

es importante para el control del moho gris. Se realizó el índice de daño mediante observaciones fotográficas diarias a la fruta durante 12 días de almacenamiento, evaluando la inhibición del moho con productos de síntesis química con la aplicación de ácido salicílico en concentraciones de 1, 1,5 y 2 mmol/L. Dando como resultado, imágenes de cada uno de los índices en los frutos y la de mayor inhibición al hongo a una concentración de 1 mmol/L hasta el final del tiempo de estudio.

Palabras claves: Almacenamiento, inhibición, infección, poscosecha, patógeno, refrigeración.

Abstract. Botrytis cinerea or gray mold pathogen is a high incidence of several preharvest and postharvest horticultural products, excelling in blackberry fruits like illness with greater negative impact, generating losses of up to 100% of the poly drupes harvested despite maintain storage conditions as low temperature (2 ± 1 °C) and controlled relative humidity (75-85% RH). Therefore the determination of the fungal damage is important for the control of gray mold. The damage index was

performed by daily photographic observations on fruit during 12 days of storage, evaluated with mold inhibiting by chemical synthesis products with the application of salicylic acid at concentrations 1, 1.5 and 2 mmol /L. Resulting images from each one of the indexes in the fruits and greater inhibition of the fungus of 1 mmol /L until the end of the study period.

Key words: Storage, inhibition, infection, postharvest, pathogen, refrigeration.

INTRODUCCIÓN

Botrytis cinérea es considerado el patógeno fúngico de mayor importancia económica debido a su capacidad de generar grandes pérdidas debido a las diferentes estrategias de ataque en cualquier estado de desarrollo ya sea cosecha o poscosecha (Figura 1.) así mismo su prevalencia bajo diferentes condiciones de almacenamiento de frutos como bajas temperaturas (2 °C) (Ribera, 2007). Este patógeno depende de la capacidad de matar a sus células huésped antes de que pueda comenzar su ciclo de vida parasitaria, además de poder utilizar tejidos muertos (Govrin and Levine, 2000).

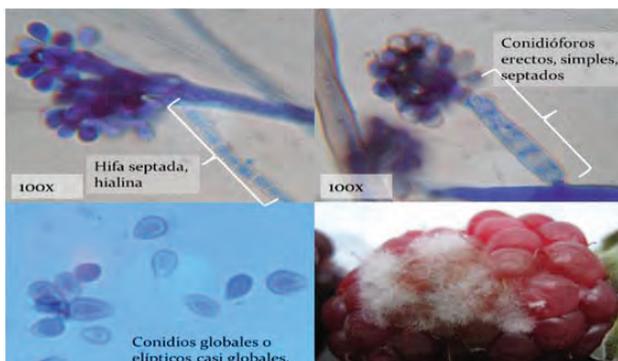


Figura 1. Vista microscópica de Botrytis cinérea en mora.
Fuente (Autor)

El ácido salicílico (SA) es un producto natural fenólico compuesto presente en muchas plantas y es un componente importante en la vía de transducción de señal de defensa

mediante un conjunto de genes de defensa contra el ataque de patógenos de forma exógena (Qin *et al.*, 2003; Yao and Tian, 2005). Siendo un mecanismo de defensa de la planta en contra de algunos patógenos es la acción inhibitoria de la catalasa, provocando niveles elevados de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (Khanam *et al.*, 2005).

Por otro diversos estudios han mostrado la efectividad de la aplicación de AS en diferentes tipos de frutos como tomate, bayas de uva, melocotón y fresa, demostrando tener un efecto antifúngico significativo (Babalara *et al.*, 2007)

En el presente trabajo se buscó establecer el índice de daño en frutos de mora de castilla, así como la efectividad del AS como agente antifúngico bajo condiciones de almacenamiento en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mora de castilla cultivada de la zona del cañón del Combeima (Colombia), AS (Farmacia Colony, Colombia). La preparación del AS se realizó mediante la disolución del polvo en agua destilada a diferentes concentraciones 1, 1.5 y 2 mmol/L. las moras de castilla fueron impregnadas de las soluciones de AS por inmersión durante 2 min luego fueron almacenadas bajo condiciones de refrigeración durante 12 días (2 ± 1 °C, 75 – 85 % HR). Mediante registro fotográfico (Canon, PC1737, China) se evaluó el índice de daño cualitativo de acuerdo con la cantidad de hongo visible en la superficie de fruta en escala de 1 a 5; según la Tabla 1. (Babalara *et al.*, 2007).

Tabla 1. Incidencia de daño fúngico.

Índice	Parámetro	Descripción (superficie de la fruta)
1	Sin daño	0% (Sin daño tisular y ni crecimiento aparente de micelio)
2	Incipiente	Hasta 5% (daño tisular y cubierta por micelio)
3	Leve	5-20% (daño tisular y cubierta por micelio)
4	Moderado	20-50% (daño tisular y cubierta por micelio)
5	Grave	> 50% (daño tisular y cubierta por micelio)

Fuente. Babalara *et al.*, 2007

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La imagen de la Figura 2. Muestra cómo se estableció el índice de daño causado en las drupas de la fruta por el moho gris Botrytis cinérea de acuerdo.



Figura 2. Registro fotográfico de índices de infección en mora de castilla.

En la Figura 3. Se muestra el índice de infección de cada tratamiento con diferentes concentraciones de AS durante los 12 días de prueba, evidenciando que la concentración 1 mmol/L reportó el menor índice de daño cualitativamente con un valor aproximado de 3 hasta el día 12, contrario a los demás tratamientos con concentraciones más altas de AS, que posiblemente actuó como precursor del etileno que aumenta los procesos metabólicos y la senescencia del fruto (Babalar *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

El uso de índice de daño fúngico propuesto para infección por *Botrytis cinérea* en los frutos bajo almacenamiento en frío, podría ser usado como un método de cuantificación rápida del daño producido por este hongo. A su vez la concentración 1 mmol/L AS resultó ser la mejor para inhibir el daño fúngico en los frutos de mora.

BIBLIOGRAFÍA

Babalar, M., M. Asghari, L. Talaei and A. Khosroshahi. 2007. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food chemistry* 105: 449-453.

Govrin, E., and A. Levine. (2000). The hypersensitive response facilitates plant infection by the necrotrophic pathogen *Botrytis cinerea* *Current biology* 10(13): 751-757.

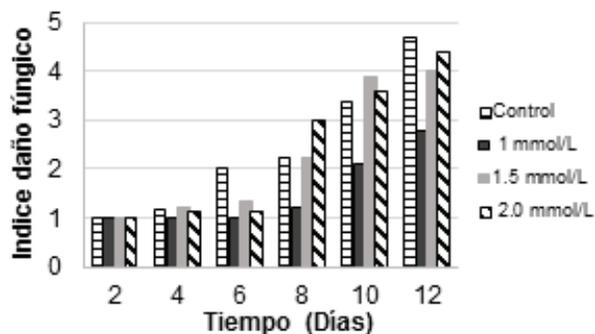


Figura 3. Índices de infección en diferentes concentraciones de ácido salicílico en mora de castilla a 2 ± 1 °C, HR de 75 - 85%.

Khanam, N., M. Ueno, J. Kihara, Y. Honda, and S. Arase. 2005. Suppression of red light-induced resistance in broad beans to *Botrytis cinérea* by salicylic acid. *Physiological and molecular plant pathology* 66(1): 20-29.

Qin, G., S. Tian, Y. Xu and Y. Wan. 2003. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 62(3): 147-154.

Ribera, A. 2007. Evaluación y Caracterización de la Actividad Antifúngica de la Especie Quillaja saponaria Mol. Cultivada In Vitro en *Botrytis cinerea* Pers. Tesis Doctoral. Ciencias de Recursos Naturales, Universidad de la Frontera, 198.

Yao, H., and S. Tian. 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology* 35(3): 253-262.

Elaboración de Mazamorra Morada Light Mediante Sustitución de Azúcar y Almidón por Sucralosa y Carragenina

Elaboration of Low Calorie Purple Corn Pudding with Sucralose and Carrageenan as Substitutes of Sugar and Carrageenan

Gladys Tarazona R.¹; Oscar B. Jordan S.²

¹ Tarazona Reyes, Gladys; Docente Principal de la Facultad de Industrias Alimentarias UNALM. gtarazona@lamolina.edu.pe

² Jordan Suarez, Oscar; Docente Auxiliar de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos – UNSLG. oscarjs1000@hotmail.com

Resumen. Se elaboró una mazamorra morada baja en calorías mediante sustitución parcial de azúcar y almidón por sucralosa y carragenina iota, previa estandarización de la formulación (81,2 kcal/100 g). Se establecieron porcentajes de sustitución del azúcar y almidón en la fórmula estandarizada, tomando como límite 40 kcal/100g; se diseñaron 4 versiones light que se compararon con un estándar, determinando que la formulación en base a la cantidad de extracto de maíz morado consta de 6,05% de almidón, 1,91% de azúcar, 0,026% de sucralosa, 0,25% de carragenina iota y 2,55% de jugo de limón, correspondiente a 34,5 kcal/100 g.

Palabras clave: Maíz morado; alimentos de bajas calorías; edulcorantes sintéticos, sustituto de almidón.

Abstract. A low calorie purple corn pudding was made by partial substitution of sugar and starch with sucralose and iota carrageenan, the formulation of the dessert was previously standardized, being equivalent to 81.2 Kcal/100g. Substitution sugar and starch were established in the standardized formula taking a limit of 40 Kcal/100g as literature reviewed. Four low calorie treatments were designed and compared to the standardized formula, establishing that the low calorie version in relation to the amount of purple corn extract consists of 6.05% of starch, 1.91% of sugar, 0.026% of sucralose, 0.25% of iota carrageenan and 2.55% of lemon juice, which was equivalent to 34.5 Kcal/100g.

Key words: Purple corn, low calorie foods, artificial sweeteners, starch substitute.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha incrementado la demanda de productos bajos en calorías, por aspectos de salud y/o estética; debido a ello se ha fomentado la elaboración de versiones de alimentos convencionales, bajas en calorías; los postres son alimentos de gran aceptabilidad; sin embargo, la utilización de azúcar en su elaboración los convierte en grandes fuentes de energía. Se determinó elaborar una mazamorra morada, producto de mucha aceptación por el consumidor limeño (Perú) principalmente (Acurio, 2006), baja en calorías, sustituyendo parcialmente el

almidón de papa (chuño) y azúcar, por carragenina iota y sucralosa respectivamente para lo cual se determinaron los ingredientes más significativos en la formulación a fin de establecer una fórmula estándar de mazamorra; además de determinar niveles de sustitución de azúcar y almidón, y finalmente realizar una caracterización químico proximal, microbiológica y reológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estandarizó la elaboración de mazamorra mediante una identificación previa de los ingredientes más significativos en la formulación a través del método Taguchi (plantilla L4, “Mayor es Mejor”) para optimizar la formulación mediante el método de superficie de respuesta (16 tratamientos, por duplicado) en función a la aceptabilidad general (Apariencia, Textura y Sabor) empleando 30 jueces (Ormeño, 2004). A partir de la fórmula estandarizada se establecieron 4 versiones con porcentajes de sustitución del azúcar (70 y 80%) y almidón (11,2 y 16,8%) en base a un límite de 40 kcal/100 g (Código Alimentario Argentino, 2005; Reglamento Sanitario de los Alimentos, 1997), para compararlas con el estándar mediante una prueba de comparaciones múltiples (8 jueces) y seleccionar la versión light. Ambas versiones fueron caracterizadas mediante un análisis químico proximal y reológicamente, empleando un viscosímetro Brookfield RVT y consistómetro Bostwick para conocer el tipo de fluido y su consistencia; además se determinó el índice de gelatinización (estándar), y un análisis microbiológico (light).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ingredientes evaluados (Chuño, Azúcar y Jugo de Limón) resultaron significantes en la aceptabilidad de la mazamorra; de acuerdo a las superficies de respuesta para Apariencia, Textura y Sabor (Figuras 1, 2 y 3), la optimización de los niveles de los ingredientes evaluados en relación al extracto es 21,42% de azúcar, 7,64% de chuño, y 2,85% de jugo de limón con los que se consigue un valor calórico de 81,2 kcal/100 g.

Reológicamente la mazamorra estándar se comporta como un fluido pseudoplástico, con un índice de fluidez (n) de 0,50, valor

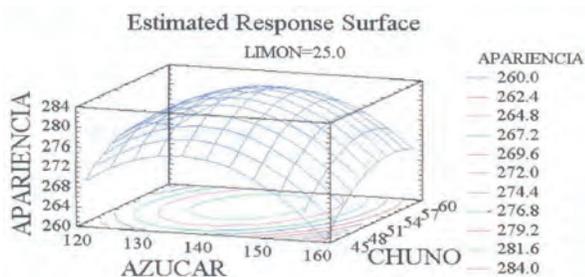


Figura 1. Superficie de respuesta de la Apariencia

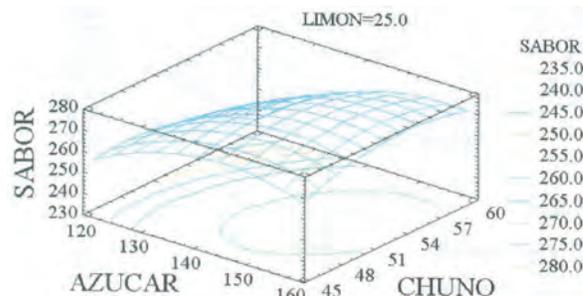


Figura 2. Superficie de respuesta de la Textura

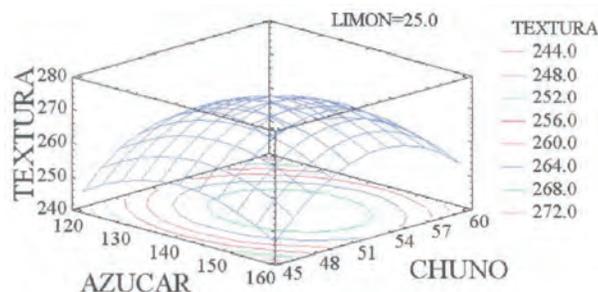


Figura 3. Superficie de respuesta del Sabor

ubicado dentro del rango reportado por Steffe (1996) para éstos fluidos; asimismo, se encontró que tiene una consistencia de 5,6 cm en 30 s; en cuanto al grado de cocción, el índice de gelatinización arrojó 99%, lo que indica que el producto está totalmente cocido. Debido a que no se encontró diferencias significativas entre las versiones light y la estándar, se determinó emplear el nivel mínimo de carragenina para sustituir al almidón y el nivel máximo para la sustitución del azúcar, para asegurar un nivel calórico inferior. La caracterización químico proximal arrojó que la versión light escogida aporta 34,5 kcal/100 g, consiguiendo una reducción de más del 50% en comparación a la mazamorra estándar. La mazamorra light tiene un comportamiento no newtoniano de tipo pseuplástico ($n=0,44$), presenta una consistencia de 8,6 cm/30 s, lo que la hace menos consistente ($p\text{-valor}<0,05$) que la mazamorra estándar; asimismo, el análisis microbiológico arrojó ser apta para el consumo humano.

CONCLUSIONES

Los ingredientes evaluados (azúcar, chuño, y limón) por el método Taguchi resultaron significativos para la aceptabilidad general de la mazamorra, cuyos niveles fueron optimizados mediante MSR encontrando que la fórmula estándar que maximiza la aceptabilidad en base a la cantidad de extracto de maíz morado consta de 21,42% de azúcar, 7,64% de chuño y 2,85% de zumo de limón. Por la prueba de comparaciones

múltiples se determinó que todas las versiones light fueron iguales al patrón (en sabor y textura), determinando que la fórmula de la versión light en función al extracto, consta de 6,05% de chuño, 1,91% de azúcar, 0,026% de sucralosa, 0,25% de carragenina iota y 2,55% de jugo de limón. Mediante el análisis químico proximal se calculó el valor energético de 81,2 y 34,5 kcal/100 g para la versión estándar y light respectivamente, logrando una reducción de más del 50% del contenido calórico; reológicamente ambas versiones se comportan como un fluido no newtoniano de tipo pseuplástico, con índices de fluidez (n) de 0,50 y 0,44 respectivamente. La mazamorra light resultó microbiológicamente apta para el consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G. 2006. Las cocinas del Perú por Gastón Acurio. Tomo 5: La cocina casera. Editorial El Comercio S.A., Lima. 184 p.
- Código Alimentario Argentino. 2005. En: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigo-a/Capitulo_V.pdf. 60p.; Consulta: febrero 2014.
- Ormeño, R. 2004. Optimización de la Formulación de Helados light aplicando los Métodos Taguchi y Superficie de Respuesta. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 133p.
- Reglamento Sanitario de los Alimentos. 1997. En: http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/leyes/decreto/ds_977-96_reglamento_alimentos.pdf. 123p.; Consulta: febrero 2014.
- Steffe, J.1996. Rheological methods in food process engineering. Segunda Edición. Freeman Press. East Lansing. 418p.

Composición Química de Aceites Esenciales de *Origanum vulgare* ssp, Cultivados en el Norte de Bolívar (Colombia)

Chemical Composition of Essential Oils *Origanum vulgare* Ssp Grown in Northern of Bolivar (Colombia)

Miladys Esther Torrenegra Alarcón¹; Jesús Gil González²; German Eduardo Matiz Melo³; Glicerio León Méndez⁴

¹ Docente Universidad de Cartagena. Programa Ingeniería de Alimentos. Estudiante de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad de Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. <m3torrenegra@hotmail.com.>

² Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia- Facultad de Ciencias Agropecuarias. <jhgilg@unal.edu.co>

³ Profesor titular. Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias Farmacéuticas. <gmatizm@unicartagena.edu.co>

⁴ Estudiante de Maestría en Ciencias Farmacéuticas. Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias Farmacéuticas. <gleonm@unicartagena.edu.co>

Resumen. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo extraer y caracterizar los aceites esenciales (AE) obtenidos de las especies vegetales *Origanum vulgare*, *Origanum vulgare* ssp y *Lippia alba* mill, cultivadas en el norte del departamento de Bolívar (Colombia). Los AE fueron obtenidos mediante hidrodestilación (HD) e hidrodestilación asistida por la radiación con microondas (HDM); la especie *Lippia alba* mill N.E. Brown, presentó los mayores rendimientos con valores de 0,10% (HD) y 0,15% (HDM); mientras que en las demás especies los rendimientos fueron menores al 0,1%. Los AE fueron analizados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM). El compuesto principal encontrado en todos los aceites fue el carvacrol, y el AE de *Origanum vulgare* ssp (orégano borde blanco), obtenido por el método de HDM, presentó el mayor porcentaje relativo (69,97%).

Palabras clave: Carvacrol, hidrodestilación, radiación con microondas

Abstract. The aim of this study was to extract and characterize the essential oils (EO) obtained from *Origanum vulgare* vegetales species, *Origanum vulgare* ssp and *Lippia alba* mill, cultivated in the north of the department of Bolívar (Colombia). EO were obtained by hydrodistillation (HD) and microwave-assisted hydrodistillation (MAHD). The species *Lippia alba* mill NE, Brown showed the highest yields with values of 0.10% (HD) and 0.15% (MAHD); whereas in other species, the yields were lower than 0.1%. The EO were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC- MS); for all oils, carvacrol was the major compound, and the essential oil of *Origanum vulgare* ssp obtained by the method of HDM presented the highest relative percentage (69.97%).

Key words: Carvacrol, hydrodistillation, microwave radiation

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales (AE) son considerados metabolitos secundarios de las plantas, estos son fracciones líquidas volátiles que proporcionan aromas y sabores característicos, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos, compuestos oxigenados y residuos no volátiles. Los AE están contenidos en glándulas o vesículas secretoras inmersas en los tejidos de las hojas, flores, corteza (pericarpio) y semillas de los frutos de muchas especies, además, poseen principios activos con potencial actividad biológica y/o industrial, lo cual amplía las perspectivas para llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollo en productos naturales. El presente estudio tuvo como objetivo extraer y caracterizar los aceites esenciales obtenidos de las especies vegetales *Origanum vulgare*, *Origanum vulgare* ssp y *Lippia alba* mill, las cuales son cultivadas en la región norte del departamento de Bolívar (Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección del material vegetal. Las hojas de las plantas Orégano (*Origanum Vulgare*), Orégano Borde Blanco (*Origanum vulgare* ssp), y Oreganito (*Lippia alba* mill), fueron identificadas en el Herbario Gabriel Gutierrez V. (MEDEL), registro nacional de colecciones biológicas.

Procesamiento del material vegetal. Las hojas colectadas fueron lavadas con agua y seleccionadas para garantizar buen estado; seguidamente se trocearon, pesaron y extrajeron inmediatamente.

Extracción del AE. Se realizó por dos métodos: hidrodestilación por arrastre con vapor de agua convencional e hidrodestilación asistida por microondas. Se empleó un equipo de hidrodestilación con capacidad para 4 L (balón de destilación). Se pesaron 500 g de material vegetal, seleccionado y troceado, y fueron introducidos en el balón de extracción, el cual contenía 500 mL de agua destilada. Para ambos métodos el tiempo de extracción fue de 3–4

horas. Como fuente de radiación microondas se empleó un horno convencional (Samsung) modificado, con un ciclo de irradiación de 60 minutos y a una potencia del 70% (Chemat *et al.*, 2006).

Determinación de propiedades físicas del AE. A cada muestra de AE se le midieron las siguientes propiedades físicas: a) densidad relativa del aceite esencial a 20°C: se empleó el

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del aceite esencial y propiedades físicas. Los AE de las tres especies vegetales presentaron propiedades físicas en común, tales como: olor intenso y característico, líquidos a temperatura ambiente, arrastrables por vapor de agua e insolubles en agua, rango de color amarillo pálido a intenso; estas características fueron similares a las reportadas para la mayoría de aceites esenciales.

Tabla 1. Rendimiento y propiedades físicas de los AE de las especies seleccionadas, aplicando el método de hidrodestilación por arrastre de vapor (HD) e hidrodestilación asistida por microondas (HDM).

ANÁLISIS	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)		Orégano Borde Blanco (<i>Origanum vulgare ssp</i>)		Oreganito (<i>Lippia alba mill</i>)	
	HD	HDM	HD	HDM	HD	HDM
Rendimiento (%)	0,09±0,00 a	0,07±0,01 b	0,05±0,00 c	0,04±0,00 d	0,16±0,00 e	0,10±0,10 f
Índice de refracción 20°C	1,4766±0,00002 a	1,5030±0,0010 b	1,4753±0,0004 a	1,5065±0,00047 c	1,4617±0,0001 d	1,5023±0,00026 b
Solubilidad EtOH (70% v/v)	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Rotación óptica	-0,20±0,000 a	-0,20±0,000 a	-0,28±0,02886 b	-0,26±0,028867 b	-0,11±0,028867 c	-0,13±0,028867 d

método oficial AOAC 920.212:1995; b) índice de refracción de los aceites esenciales: se utilizó el método oficial AOAC 921.08:1995; c) solubilidad de los AE en etanol (70% v/v): en un eppendorf de 1,5 mL se adicionaron 100 µL de etanol al 70% (v/v) y 2 µL del AE. La mezcla se homogenizó en un voltex a 20 rpm; d) rotación óptica: se preparó una disolución al 10% (p/v) del AE en etanol (96%), el análisis fue realizado utilizando un polarímetro (Sper Scientific) provisto de una celda de 10 mL a una temperatura de 20°C y la línea D del sodio (589 nm).

Determinación de los componentes mayoritarios del AE mediante cromatografía gaseosa-espectrometría de masas (CG/EM). Se utilizó un equipo cromatográfico Agilent 7890A/5975C, en interfase con un detector selectivo de masas HP5973 Network conectado en línea con un sistema HP-MS ChemStation y la base de datos NIST-2008. El AE (50 µL) se disolvió diclorometano (450 µL); se inyectó 1,0 µL en el modo split (20:1), la temperatura del inyector fue de 250°C, y se utilizó una columna capilar HP-5MS 5% Phenyl Methyl Silox (30m x 250 µm x 0,25 µm); como gas de arrastre se empleó Helio (Aga-Fano) a flujo constante de 1 mL/min, presión del gas 7.6354 psi y velocidad lineal de 36 cm/seg. La temperatura inicial fue 45°C y la temperatura de la línea de transferencia de 280°C. Los espectros de masas (EM) se obtuvieron por ionización electrónica (70 eV), con barrido automático en el rango de masas m/z 30-400 u.m.a., a 3,85 scan/s. La identidad de los componentes se asignó por comparación de cada espectro con los estándares de la base de datos NIST-2008 y los datos reportados en la literatura (Baharum *et al.*, 2010).

Filas sin ninguna letra en común presentaron diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza (< 0,05).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas para el rendimiento según el método de extracción empleado. En la Tabla 1 se presentan la eficiencia de la extracción y las propiedades físicas de los AE obtenidos. Los rendimientos alcanzados por el método de HDM y HD oscilaron entre 0,04-0,10% y 0,05-0,16%, respectivamente; lo anterior se encuentra de acuerdo con lo reportado en la bibliografía para *Lippia alba mil*, con valores de 0,1 a 1,2% del aceite volátil (Pascual *et al.*, 2001); de igual manera, Monsalve (2007) obtuvo un rendimiento de AE de *Lippia alba* del 0,06% cuando se empleó HD. En la técnica HDM, además de utilizar menos tiempo de extracción, se encontró un porcentaje de rendimiento menor que el valor obtenido por el método de HD, esto posiblemente se atribuye al rompimiento de las estructuras de los componentes principales de mayor abundancia en el aceite esencial por medio de las radiaciones electromagnéticas aplicadas en la extracción; las microondas involucran un flujo de calor más eficiente, y pueden calentar toda la muestra casi simultáneamente y a un ritmo alto, generando un menor valor en el método de HDM que en el de HD (Golmakani y Rezaei, 2008).

Análisis de los componentes mayoritarios presentes en los AE obtenidos por los métodos HD y HDM. En la Tabla 2 se presenta la composición química relativa de los AE de *Origanum vulgare*, obtenida mediante CG-EM.

Es importante resaltar que todos los aceites esenciales obtenidos por los dos métodos de extracción, poseen como

Tabla 2. Componentes mayoritarios detectados en los AE obtenidos mediante HD y HDM.

Compuesto	Orégano (Orégano vulgare)		Orégano borde blanca (Orégano vulgare ssp)		Oreganito (Lippia alba mill)	
	HD	HDM	% Abundancia relativa, (t _r , min)		HD	HDM
			HD	HDM		
p-Cimeno	N.P	8,51 (5,912)	N.P	2,31 (5,957)	N.P	5,50 (6,198)
α-pineno	N.P	N.P	0,59 (9,957)	N.P	N.P	0,29 (4,217)
β-Mirceno	N.P	0,40 (5,173)	N.P	N.P	1,04 (12,103)	0,71 (5,173)
o-cimeno	N.P	N.P	6,71 (13,464)	N.P	3,05 (13,438)	12,17 (5,942)
Limoneno	N.P	N.P	N.P	N.P	0,55 (13,508)	N.P
γ-Terpineno	9,81 (14,691)	13,43 (6,545)	6,25 (14,709)	0,91 (6,485)	1,49 (14,479)	12,07 (6,575)
Linalool		N.P	N.P	N.P	0,42 (15,896)	N.P
Timol	13,77 (22,764)	N.P	10,11 (22,148)	10,74 (20,854)	N.P	N.P
Citral	N.P	N.P	N.P	6,49 (10,102)	5,24 (20,522)	N.P
Carvacrol	65,63 (11,852)	65,01 (11,360)	64,55 (22,521)	69,97 (11,684)	0,14 (22,616)	44,74 (11,383)
Eugenol	N.P	N.P	N.P	N.P	N.P	5,21 (12,679)
Cariofileno	7,49 (25,248)	N.P	4,00 (25,361)	2,75 (12,58)	N.P	4,38 (12,762)
Fenil propenos	79,43%	83,26%	81,57%	85,31%	20,64%	78,1%
Monoterpenos	13,06%	16,74%	13,78%	11,86%	79,35%	16,87%
Sesquiterpenos	7,5%	0%	4,01%	2,82%	0%	5,1%
Otros	0%	0%	0,632%	0%	0%	0%
Total compuestos identificados	99,95%	88,3%	99,75%	97,31%	15,75%	86,61%

NP= No detectado en la muestra.

componente mayoritario el carvacrol, excepto el AE de Lippia alba mill obtenido por HD. Las condiciones agroecológicas del cultivo y los parámetros operacionales del proceso de extracción son las variables que inciden sobre la composición y el rendimiento de los aceites esenciales. Según indica Tafurt *et al.* (2005), estas variaciones inducen cambios morfológicos, histológicos y fisiológicos en la planta, mientras que la eficiencia de la HD está relacionada con los parámetros operacionales tales como tiempo, temperatura de la extracción y cantidad de agua empleada, entre otros.

CONCLUSIONES

El rendimiento de los AE de *origanum vulgare* (orégano), *origanum vulgare ssp* (orégano borde blanco), y *Lippia alba mill* (oreganito), varían con el método de extracción. Se obtuvo un mayor contenido de AE empleando el método de hidrodestilación por arrastre de vapor (HD), en comparación con la hidrodestilación asistida por microondas (HDM); sin embargo, esta última técnica es un proceso muy rápido y relativamente económico en comparación con la HD. El compuesto fenil propanoide, carvacrol, se encuentra en todos los AE, siendo el AE de *origanum vulgare ssp* (orégano borde blanco) obtenido por el método de HDM, el que presentó mayor porcentaje.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition, U.S.A
- Baharum, S., H. Bunawan, M. Ghani., W. Mustapha and N. Noor. 2010. Analysis of the chemical composition of the essential oil of *Polygonum minus* Huds. Using two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry (GC-TOF MS). *Molecules* 15(10): 7006-7015.
- Chemat, F., M.E. Lucchesi, J. Smadja, L. Favretto, G. Colnaghi and F. Visinoni. 2006. Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach. *Analytica Chimica Acta* 555(1): 157-160.
- Golmakani, M-T and K. Rezaei. 2008. Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry*. 109 (4): 925-930.
- Monsalve-Salamanca, L. A. 2007. Comparación de la composición química de los aceites esenciales de las plantas de *Lippia Alba* (Mill) N.E. Brown, proveniente de diferentes regiones de Colombia. Facultad de Ciencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 141p.
- Pascual, M.E., K. Slowing, M.E. Carretero and A. Villar. 2001. "Anticancerogenic activity of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae)". *Fármaco* 56(5-7): 501-504.
- Tafurt, G., J. Martinez and E. Stashenko. 2005. Evaluación de la actividad antioxidante de aceites esenciales en emulsiones degradadas por radiación ultravioleta. *Revista Colombiana de Química* 34(1): 43-55

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que los tratamientos realizados a la manzana ejercieron efecto diferente durante el secado. Las orejas de manzanas tratadas con ácido cítrico y antioxidante natural a concentraciones de 0,5 y 1,0% presentaron la pérdida de humedad más rápido en el tiempo ($P \leq 0,05$), debido que los antioxidante al interaccionar con el producto forman uniones de Van Der Waals con el agua que está presente en el fruto, al ser uniones débiles y fáciles de romper facilitan la salida del agua libre de la superficie de la fruta. Al aumentar a 1,5% el antioxidante natural se disminuyó la pérdida de humedad.

CONCLUSIONES

Las bajas concentraciones de antioxidantes favorecen la pérdida de humedad, mientras que a concentraciones de 1,5% tiene menor efecto. Los resultados señalan que

la deshidratación de las manzanas es afectada por la concentración del antioxidante (sintético o natural), teniendo mayor efecto las concentraciones bajas de los antioxidantes.

BIBLIOGRAFÍAS

- De Michelis, A. 2006. Elaboración y conservación de frutas y hortalizas: procedimientos para el hogar y para pequeños emprendimientos comerciales. Hemisferio, Buenos Aires.
- Ochoa, C. y A. Ayala. 2005. Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. CYTA-Journal of Food. 4(5): 330-42.
- Navarrete N.M. 1998. Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno. Universidad Politécnica, Servicio de Publicaciones, Valencia.
- AOAC. 1999. Método No 934.06. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international.

Evaluación del Color durante la Decoloración en Frío de Aceite de Soya (Glicynemax)

Evaluation of Color During Cold Bleaching Soybean Oil (Glycyne max)

Samuel David Vargas¹ y Pablo Emilio Rodríguez²

- 1 Estudiante de maestría en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia. david_chemical@hotmail.com.
- 2 Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co.

Resumen. En este trabajo se realizó la decoloración de aceite de soya con arcilla Tonsil a concentraciones de 1, 2 y 3 g, temperaturas: 20, 25 y 30 °C y tiempos de 5, 10 y 20 minutos. El color se evaluó a través del uso de un sistema de adquisición de imágenes, se determinó para cada tratamiento el valor de la coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* y h^* , se calculó ΔE . Se evidencia una mayor incidencia en la decoloración, a una temperatura de adición de 25°C, un tiempo de calentamiento de 10 minutos y una concentración de arcilla de 2%.

Palabras clave: Aceite de Soya, decoloración, coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* , h^* , diferencia de color.

Abstract. In this paper bleaching soybean oil was performed with Tonsil clay at concentrations of 1, 2 and 3 g, temperatures: 20, 25 and 30 °C and times of 5, 10 and 20 minutes. The color was evaluated through the use of an imaging system, for each treatment the value of the coordinates L^* , a^* , b^* , C^* , and h^* were determined, and ΔE was calculated. Higher incidence is evidenced by discoloration, an addition temperature of 25 °C, a heating time of 10 minutes and a concentration of 2% clay.

Key words Soybean Oil, discoloration, coordinates L^* , a^* , b^* , C^* , h^* , color difference.

INTRODUCCIÓN

La decoloración de aceites comestibles consiste en la remoción de pigmentos, subproductos de oxidación, iones metálicos, jabones, trazas de sólidos y fosfátidos. Se realiza tradicionalmente a través de la adición de arcillas como el Tonsil, activadas con ácido, a una temperatura de 100 °C (Makhoukhi *et al.*, 2009). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la decoloración en frío de aceite de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se empleó aceite crudo de soya, provisto por la compañía nacional de aceites con sede en Buga (Valle del Cauca). Refinado: desgomado con ácido fosfórico (Carlson, 2007) al 2% y neutralización con NaOH al 20 % (Bailey, 2007). En la decoloración se emplearon muestras 100 g de aceite refinado, las temperaturas de evaluación fueron 20, 25 y 30 °C. los porcentajes de arcilla TONSIL fueron: 1. 2 y 3% v

los tiempos de 5, 10 y 20 minutos de decoloración (Makhoukhi *et al.*, 2009). El color se evaluó a través de un sistema de adquisición de imágenes (Padrón y León. 2012), provisto de una cámara fotográfica digital Olympus de 14 megapíxeles a 22,5 cm de las muestras en posición vertical y zoom 5,8X. Para la determinación de las coordenadas L* a* b*. El valor de las coordenadas se estableció con el software Adobe Photoshop CS6 ®. Los valores de C* y de h* se determinaron con las siguientes ecuaciones:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{a^*}{b^*}\right)^5$$

Los experimentos se basaron en un diseño factorial fraccionado de la forma 3k-p, donde el valor de k es 3 niveles y p se refiere factores, de los cuales se tomaron 1/3 de los tratamientos (3³-1 = 9 tratamientos). Los datos se analizaron con una ANOVA de tres vías (P ≤ 0,05), y en caso de existir diferencia se analizó con la prueba de rango múltiple de Duncan, utilizando el software STATGRAPHICS CENTURION XVI ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que el refinado incrementa significativamente el valor de L* y b*, mientras que disminuye el valor de a*, es decir que el aceite se torna amarillo-rojizo claro. En cuanto a la coordenada h* no se diferencia de manera significativa en los tratamientos 1 al 7, y si un incremento en los tratamientos 8 y 9. La decoloración ejerció un efecto marcado sobre la coordenada a*, es decir que las muestras redujeron su color rojizo, teniendo un efecto más marcado a partir del tratamiento 3. Las coordenadas L*, b*, C* y h* se vieron menos afectadas mostrando un ligero incremento, lo que

señala que la decoloración a concentraciones de 1 y 2 favorece colores amarillo claro en los aceites. Las condiciones extremas de temperatura, tiempo y concentración de arcilla (T9) llevan a una variación significativa de las coordenadas L*, a*, b*, C* y h*. El valor de ΔE mayor a 1 (tomando como control la muestra AN, ya que el aceite neutralizado fue la muestra inicial de la decoloración) señala que los cambios sucedidos en el color son apreciables a la vista del ojo humano.

T: tratamiento, t: tiempo, T°: temperatura, C: concentración de Tonsil. Los resultados presentados en la tabla, son el promedio de dos observaciones ± su desviación estándar. Los valores en la columna seguidos la misma letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativa (P ≤ 0,05).

CONCLUSIONES

El color del aceite de soya se ve afectado por el refinado químico y la decoloración en frío, estos cambios favorecen la formación colores amarillo claro (T5-T7) y amarillo rojizo (T1-T4).

BIBLIOGRAFÍA

- Makhoukhi, B., M.A. Didi and A. Azzouz. 2009. Acid activation of Bentonite for use as a vegetable oil bleaching agent. *Grasas y aceites* 60(4): 343-349.
- Carlson, K. (2007). Últimos desarrollos y tendencias en el procesamiento de las grasas y aceites. *Aceites y grasas*, 17(67):316-320.
- Bailey, A. (2001). *Naturaleza de los aceites y grasas*. Su: Aceites y grasas industriales. Edición en español. España, Reverté.
- Padrón, C y G. León. 2012. Determinación del color en epicarpio de mango (*Mangifera sp.*) y plátano (*Musa AAB*) en maduración mediante sistema de visión computarizada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3 (2).

Tabla 1. Coordenadas L*a*b* de los tratamientos aplicados.

Tratamiento	L*	a*	b*	ΔE	C*	h*
Aceite crudo (AC)	50,80±2,23e	13,00±0,53a,b	53,53±1,33e	3,49	55,09	1,33
Aceite neutralizado (AN)	53,40±0,69b,c	11,93±0,70b,c	55,60±0,69b,c	0,00	56,87	1,36
T1 (t:5, T°:20 C:1)	53,18±0,57b	11,20±0,00c	55,16±0,47c,d	0,89	56,28	1,37
T2(t:10, T°:25 C:1)	52,67±0,76c,d	14,20±0,35a	56,60±0,60a,b	2,58	58,35	1,32
T3(t:20, T°:30 C:1)	52,87±0,61c	5,67±1,68d	54,00±0,53d,e	6,49	54,30	1,47
T4 (t:5, T°:20 C:2)	54,13±1,01a,b,c	2,60±0,40e,f	56,07±0,83a,b,c	9,37	56,13	1,52
T5 (t:10, T°:25 C:2)	53,60±0,35b,c	3,80±0,20e	54,27±0,42d,e	8,24	54,40	1,50
T6 (t:20, T°:30 C:2)	55,20±1,25a,b	2,27±0,76f	56,93±0,99a	9,92	56,98	1,53
T7 (t:5, T°:20 C:3)	54,73±0,12a,b	5,60±1,40d	56,87±0,23a	6,59	57,14	1,47
T8 (t:10, T°:25 C:3)	53,80±0,20a,b,c	-0,13±1,55g	53,40±0,69e	12,27	53,40	180,00
T9 (t:20, T°:30 C:2)	51,20±0,20d,e	-7,27±0,12h	37,20±0,53f	26,68	37,90	179,81

Effect of the Two-Stage Drying Method on Carotenes Retention in Carrots

Efecto de Secado en Dos Etapas en la Retención de Carotenos en Zanahorias

Laís Ravazzi Amado¹, Katieli Martins Todisco², Lara Borghi Virgolin³,
Natália Soares Janzantti⁴ and Maria Aparecida Mauro⁵

¹ Undergraduate in Food Engineering. São Paulo State University. Institute of Biosciences, Language and Physical Sciences – IBILCE/UNESP. Department of Food Engineering and Technology – DETA. Cristóvão Colombo Street 2265, São José do Rio Preto – SP. Brazil. Cep: 15054-000. <laisravazziamado@gmail.com>

² Postgraduate in Food Engineering. São Paulo State University. Institute of Biosciences, Language and Physical Sciences

³ Postgraduate in Food Engineering. São Paulo State University. Institute of Biosciences, Language and Physical Sciences

⁴ Teacher of Food Engineering. São Paulo State University. Institute of Biosciences, Language and Physical Sciences –

⁵ Teacher of Food Engineering. São Paulo State University. Institute of Biosciences, Language and Physical Sciences

Abstract. In order to improve nutritional quality of dehydrated products, this work evaluated the influence of the drying process of carrot cubes in two stages on beta carotene retention and drying efficiency. For this, 80°C temperature for a period of 1 hour was established for the first stage and two different temperatures (50 and 70°C) were analyzed in the second stage. Thermal blanching was applied before drying to minimize effects of the oxidative enzymes on the beta carotenes degradation. Blanching improved the drying efficiency but decreased the beta carotene retention. The second stage temperature at 50°C increased retention in comparison to 70°C. The effect of the second stage temperature on the carotene losses was higher than the drying time, as the time spent for the drying at 50°C temperature (second stage) was approximately twice that for 70°C temperature.

Keywords: Convective drying, Thermal bleaching, Carotene.

Resumen. Para mejorar las calidades nutricionales de los productos deshidratados, este trabajo evaluó las influencias del proceso de deshidratación de cubos de zanahoria en dos etapas sobre la retención de beta caroteno y eficiencia de secado. Para esto, se estableció una temperatura de 80°C por un período de 1 hora para la primera etapa y dos temperaturas diferentes (50 y 70°C) en la segunda etapa. El blanqueamiento térmico fue aplicado antes de la deshidratación para minimizar los efectos de las enzimas oxidativas sobre la degradación de beta caroteno. El blanqueamiento mejoró la eficiencia de la deshidratación, pero disminuyó la retención de beta caroteno. La segunda etapa con 50°C aumentó la retención en comparación con la de 70°C. El efecto de la temperatura de la segunda etapa sobre las pérdidas de caroteno fue mayor que el tiempo de deshidratación, así como el tiempo empleado para la deshidratación a temperatura de 50°C (segunda etapa) fue aproximadamente dos veces que para 70°C de temperatura.

Palabras clave: Secado convectivo, blanqueamiento térmico, carotenos.

INTRODUCTION

The convective drying process provides many advantages with respect to food stability at room temperature for long periods of time. However, degradation of the food quality during drying is one of the greatest problems encountered in the design and control of drying processes. Drying can cause color and taste changes and losses of nutrients, as carotenoids and ascorbic acid, occasioned by the exposure to oxygen and to relatively high temperatures (Lago-Vanzela *et al.*, 2013). Nevertheless, the use of different temperatures in the elapse of the drying can protect more the nutrients than the product (Mujumdar, 2004).

The thermal bleaching, prior treatment to the convective drying, decrease the initial microbial count and change the drying kinetics, many times increasing the water diffusivity what improves the efficiency of the drying, besides improving physicochemical and sensory characteristics of the product (Górnicki y Kaleta, 2007).

Carrots (*Daucus carota* L.) are the main source of a vegetable origin of α e β -carotene which holds high activity of pro-vitamin A, besides being considered a root with a wide versatility to be industrialized (Lima *et al.*, 2004). The natural dyes found on food are unstable and easily degraded during the processing (Kowalski *et al.*, 2013).

The objective of this work was to evaluate the effects of thermal blanching and convective drying in two stages on the drying efficiency and carotenes retention.

MATERIALS AND METHODS

The carrots (*Daucus carota* L.) cv Juliana acquired in Santa Juliana city, MG, Brazil, were washed with water and dried at room temperature. After this, carrots were peeled manually and cut into cubes (10 × 10 mm) using a vegetable cutter (Dak, Canoas, RS, Brazil).

Heat blanching of the carrot samples was carried out in boiling water (98.3 °C at São José do Rio Preto-SP-Brazil) for 90 seconds. Approximately 300g were blanched in 5 L of boiling water and then cooled in running water at room temperature for the same period of time. The cubes were dried with absorbent material to remove excess moisture from the surface.

The first stage was established in 80°C for 60 min. Two temperatures were used in the second stage, 50 and 70°C. The drying time of the second stage was that enough for the sample to reach the final moisture between 6 and 9%.

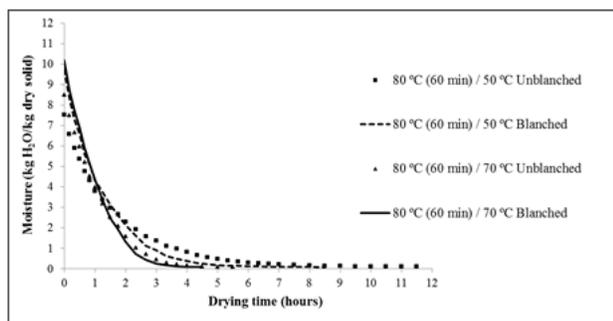


Figure 1. Comparison of the water content (dry basis) as a function of the drying time of fresh and blanched samples dried in two stages.

Table 1: Water content, β -carotene content ($\mu\text{g/g}$ sample) and retention of β -carotene (dry basis) in bleached and unbleached carrots, before and after drying.

Drying temperature		Sample		Water content (%)	β -carotene ($\mu\text{g/g}$)	Retention β -carotene (%)
1° Stage	2° Stage					
80 °C(60min)	50 °C(630min)	Non treated	Before	88.88 ± 0.12	79.29 ± 9.15	-
			After	8.80 ± 0.13	581.88 ± 31.77	89.48
80 °C(60min)	50 °C(450min)	Bleached	Before	90.42 ± 0.07	80.08 ± 7.17	-
			After	7.59 ± 0.23	597.97 ± 92.50	77.41
80 °C(60min)	70 °C(270min)	Non treated	Before	89.04 ± 0.11	89.54 ± 4.06	-
			After	6.99 ± 0.20	664.49 ± 47.44	87.45
80 °C(60min)	70 °C(210min)	Bleached	Before	91.32 ± 0.04	81.55 ± 9.52	-
			After	7.71 ± 0.24	623.17 ± 78.00	71.87

*Mean ± SD, in triplicate

The content of total carotenoids was measured, in triplicate, according to the method described by Rodriguez-Amaya and Kimura (2004), expressed in μg β -carotene/g for sample. β -carotene was calculate using the value of absorbance (A) of 2592. The retention of β -carotene in the sample before and after the drying was determined in dry basis of the sample.

RESULTS AND DISCUSSION

The drying time to reach the desired moisture of the bleached samples was shorter than the unbleached ones (Figure 1). In addition, initial moisture of the bleached carrots was higher than non treated samples. Hence, bleaching treatment enhanced the drying efficiency.

The water content before and after the drying, the β -carotene content in $\mu\text{g/g}$ and the percentage of retention of this nutrient in the sample after drying are showed on Table 1. Less retention during drying of the bleached sample in comparison to the unbleached was found, which could be explained by the high temperature used in the first stage of the drying (80°C). Nascimento (2006) studied the retention of α -carotene and β -carotene in slices of pumpkins, submitted in the drying process, verifying the effect of the bleaching (98 °C/2 min) and the drying temperature (60 °C, 70 °C and 80 °C). It had been noted that under drying temperatures 60 °C and 70 °C, the bleaching improved the retention of α -carotene e β -carotene during the drying, however, under the temperature of 80 °C, the bleached sample showed the lower retention than the unbleached sample.

CONCLUSIONS

The thermal bleaching improved the drying efficiency. However, carotene losses during drying increased with this pre-treatment. The higher carotenes retention was found at 50°C temperature of the second stage. Good retention values were found for non-bleached carrots during two-stages drying.

BIBLIOGRAPHY

- Górnicki, K. and A. Kaleta. 2007. Drying curve modelling of blanched carrot cubes under natural convection condition. *Journal of Food Engineering* 82(2): 160-170.
- Kowalski, S.J., J. Szadzinska and J. Lechtanska. 2013. Non-stationary drying of carrot: Effect on product quality. *Journal of Food Engineering* 118(4): 393-399.
- Lago-Vanzela, E.S., P. do Nascimento, E.A.F. Fontes, M.A. Mauro and M. Kimura. 2013. Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying. *LWT-Food Science and Technology* 50(2): 420-425.
- Lima, K.S.C., A.L.S. Lima, L.C. Freitas, R.C. Della-Modesta e R.L.O. Godoy. 2004. Efeito de baixas doses de irradiação nos carotenoides majoritários em cenouras prontas para o consumo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 24(2): 183-193.
- Mujumdar, A.S. 2004. Research and Development in Drying: Recent Trends and Future Prospects. *Drying Technology* 22(1-2): 1-26.
- Nascimento, P. 2006. Avaliação da retenção de carotenoides de abóbora, mandioca e batata doce. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto. 67 p.
- Rodriguez-Amaya, D.B. and M. Kimura. 2004. Screening method for sweet potato and cassava. In: *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, D. C., 58 p.

Cámara de Ambiente Controlado Para la Conservación y Maduración de Alimentos

Environmental Control Chamber for the Conservation and Maturation of food

Jorge Andrés Cardona Gil¹; Juan Pablo Pazos Urrea²; Marisol Osorio³; Carlos Augusto Hincapié⁴ y César Alejandro Isaza⁵

¹ Ingeniero Electrónico, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín. jorge.cardonagil@gmail.com

² Ingeniero Electrónico, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín. jppazos90@gmail.com

³ Docente Investigadora TC, Ph.D. en Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín. marisol.osorio@upb.edu.co

⁴ Docente Investigador, Ph.D. en Biología, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín. carlos.hincapie@upb.edu.co

⁵ Docente Investigador, Ph.D. en Ingeniería Área Energía, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín. cesar.isaza@upb.edu.co

Resumen. La temperatura, la humedad relativa (HR) y la luz son factores influyentes en el desarrollo de los seres vivos. A través de este proyecto se busca obtener un controlador de temperatura y HR dentro de una cámara de la que dispone el Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), inicialmente utilizada como recinto de maduración de cárnicos, que permita crear ambientes adecuados para el crecimiento de plantas e insectos y la maduración y conservación de alimentos, con el fin de tener un mejor control sobre las condiciones de desarrollo a la hora de llevar a cabo experimentos de interés para la agroindustria.

Palabras claves: Controlador, humedad relativa, luz, seres vivos, temperatura.

Abstract. Temperature, relative humidity and light are influential factors in the development of living beings. By this project we aim to obtain a suitable controller of temperature and relative humidity in a chamber, property of Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN), formerly used as meat maturation facility, in a way that ensures the proper environment for plants and insects and the maturation and conservation of food, in order to obtain a better control over its development when experiments are made over them.

Keywords: *Controller, light, living beings, relative humidity, temperature.*

INTRODUCCIÓN

La temperatura y la HR son variables críticas para favorecer o limitar la conservación y maduración de alimentos y el desarrollo de plantas e insectos. Es de interés del Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN) generar un entorno adecuado para la conservación de alimentos, que también pueda ser aplicado a otro tipo de actividades de investigación, tal como el aseguramiento de la supervivencia de plantas e insectos. Esto puede llevarse a cabo a través de la construcción de una cámara de ambiente controlado, nombre que se le da a un recinto capaz de reproducir a voluntad, de manera artificial y en condiciones estables, cualquier valor de temperatura y HR compatible con el diagrama psicométrico (CCI, 2009). GRAIN posee una cámara de maduración de productos cárnicos cuyo funcionamiento fue modificado para el propósito simultáneo de conservar y madurar alimentos y suministrar un entorno adecuado para el crecimiento controlado de plantas e insectos.

El control aplicado sobre la temperatura y la HR tuvo en cuenta las condiciones ambientales y las diferentes cargas térmicas que se pueden generar, agregar o extraer del interior del espacio que se desea controlar. La variación de estas variables en el interior de la Cámara de Ambiente Controlado permite que la experimentación con alimentos se lleve a cabo en ambientes fríos, cálidos y calurosos (Alimentos y Proteínas, 2014). “Estos ambientes controlados resultan de gran utilidad, ya que facilitan la obtención de un producto en entornos diferentes a los habituales y durante diferentes estaciones climatológicas” (Álvarez *et al.*, 2007).

Este tipo de cámaras no se producen en nuestro país, aunque sí en el exterior, cuyo precio neto puede llegar a variar entre \$27060 USD y \$42240 USD (Parameter Generator y Control, 2011). Es importante entonces, tanto con fines investigativos y didácticos, como para incrementar la independencia tecnológica, que estas cámaras se estudien y se construyan en Colombia.

En este artículo se muestran los resultados obtenidos a la hora de implementar el control diseñado de temperatura y HR en la cámara de maduración ya acondicionada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cámara de ambiente controlado fue construida en acero inoxidable con un espacio útil interior de 95 cm de profundidad, 9 cm de ancho y 59 cm de alto, junto con un espesor de 4 cm de poliuretano de alta densidad y unas dimensiones externas

de 70 cm de ancho, 170 cm de alto y 60cm de profundidad (Barrios y Uribe, 2012). Se encuentra conformada por un sistema de refrigeración por compresión mecánica, un sistema de calefacción por resistencia eléctrica, un sistema de humidificación por resistencias eléctricas sumergidas, un sistema de ventilación, un sistema de iluminación, un sistema de control y sus respectivos elementos de protección. La acción en conjunto de todos estos sistemas permite el control de la temperatura y de la HR, y es gracias a ellos que es posible hablar de la creación de ambientes artificiales, en este caso, para la conservación y maduración de alimentos.

Para controlar estas variables se utilizó un control PID basado en un PWM, que requirió un modelado previo de la resistencia de calefacción, y un control ON-OFF sobre la resistencia de humidificación. Con el fin de obtener un modelo matemático apropiado de la resistencia de calefacción fue necesario obtener la curva estática y dinámica propia de este sistema. Gracias a la curva estática fue posible determinar la zona y punto de operación, mientras que la curva dinámica brinda la información necesaria para obtener la función de transferencia característica del sistema a modelar. El control PID diseñado se obtiene por medio del método para sistemas en lazo abierto de Ziegler-Nichols, el cual fue posteriormente mejorado por medio del método de Chien, Hrones y Reswick.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado final de este proyecto se logró desarrollar satisfactoriamente una cámara de ambiente controlado totalmente funcional entre un rango de temperatura de 17 – 47°C y un rango de HR de 40 – 60 %HR, con el sistema polarizado previamente en 30°C, capaz de vencer perturbaciones externas con el fin de garantizar las condiciones establecidas por el usuario en su interior.

Gracias al control PID implementado se logró obtener una respuesta rápida por parte del sistema, además de un sobrepaso no mayor al 5%. Las pruebas se realizaron tanto en el día como en la noche con el objetivo de determinar si la variación de la temperatura ambiente a cualquier hora del día no lograba afectarlo, al tener en cuenta sólo las perturbaciones internas relacionadas con el encendido de las lámparas fluorescentes y el humidificador. También se realizaron pruebas experimentales con perturbaciones externas, en este caso fue la apertura de la puerta con una duración de 30 segundos (ver Figuras 1 y 2). Las constantes que determinaron la acción proporcional, la acción integral y la acción derivativa fueron 32, 0,0189 y 0,0864 respectivamente.

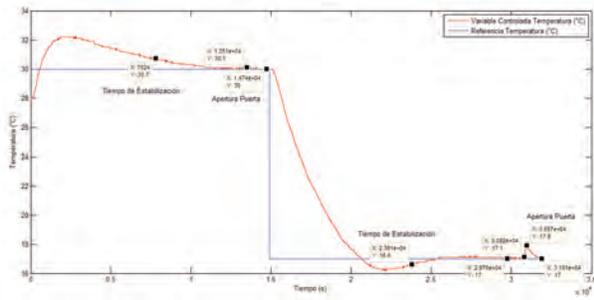


Figura 1. Control PID temperatura.

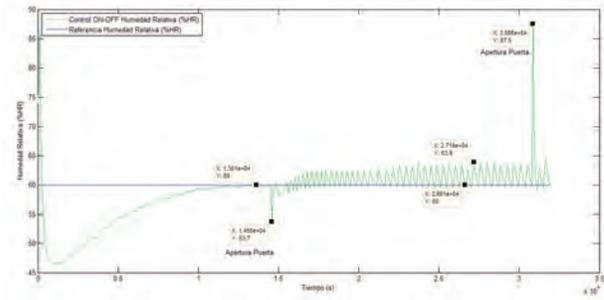


Figura 2. Control ON-OFF de HR.

CONCLUSIONES

Los sistemas de refrigeración y climatización, en lo que se refiere a cambios de temperatura ya sean altas o bajas, son en su mayoría sistemas lentos en lo que respecta a las alteraciones que se puedan producir en las condiciones del ambiente o recinto en donde aplique, razón por la cual, los controles a realizar se basan en un PWM lento. La variación de encendido y apagado de los actuadores de la Cámara de Ambiente Controlado, caso específico del compresor, hace que la humedad relativa y la temperatura tengan variaciones, en el caso de la temperatura son controlables pero en el caso de la humedad relativa son totalmente incontrolables, por lo que las condiciones normales de operación del sistema debe incluir el compresor encendido todo el tiempo para obtener valores más estables de temperatura y de humedad relativa.

La temperatura ambiente afecta el comportamiento de la temperatura en el interior de la Cámara de Ambiente Controlado, ya que sus fuertes variaciones, pueden llegar a producir un aumento o disminución en la temperatura en el interior del recinto, convirtiéndose en una perturbación sobre la salida del proceso. El sistema de control diseñado actúa ante ésta y logra disminuir el efecto de esta perturbación. La temperatura ambiente por el simple hecho de ser variable afecta tanto positiva como negativamente el sistema controlado.

La conservación de alimentos se realiza mediante diversos procesos; gracias a la experimentación que se ha realizado con ayuda de nuevas tecnologías, el ser humano

ha podido establecer las distintas etapas de madurez de los alimentos apoyándose de máquinas que generen ambientes controlados, como en este caso, la Cámara de Ambiente Controlado. De este modo se desarrollan nuevas técnicas para que los alimentos puedan ser conservados de manera óptima y tengan mayor durabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alimentos y Proteínas. 2014. Conservación de los alimentos. En: <http://www.alimentos-proteinas.com/conservacion-alimentos.html>, consulta: Febrero 2014.
- Álvarez, M., S. Corp y L. Vásquez. 2007. Carga térmica en las cámaras del clima controlado que utilizan la energía solar. En: <http://www.cubaso.lar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar12/HTML/articulo04.htm>; consulta: Febrero 2014.
- Barrios, J.P. y D. Uribe. 2012. Diseño y construcción de una cámara de fermentación para la obtención de productos cárnicos madurados. Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- CCI. 2009. Cámaras de ambiente controlado. En: <http://cci-calidad.blogspot.com/2009/08/cameras-de-ambiente-controlado.html>; consulta: Febrero 2014.
- Parameter Generator y Control. 2011. 30 CF Calibration Chamber. En: <http://humiditycontrol.com/product/30-cf-calibration-reach-in-chamber/>; consulta: Febrero 2014.

Cinética de Degradación Térmica del Ácido L-ascórbico en Jugo de Curuba (*Passiflora tripartita* variedad Mollissima)

Thermic Degradation Kinetic of L-ascorbic Acid in Banana Passion Fruit (*Passiflora tripartite* variety Mollissima) Juice

Darwin Carranza-Saavedra¹; Daniel Alexander Méndez Reyes²;
Henry Alexander Váquiro Herrera³; José Fernando Solanilla Duque⁴
1Estudiante Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Facultad de Ingeniería Agronómica,
Universidad del Tolima. dcarranzas@ut.edu.co
2Investigador Asociado Grupo CEDAGRITOL, Facultad de Ingeniería Agronómica,
Universidad del Tolima. damendezre@ut.edu.co
3Profesor asistente, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal,
Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. havaquiro@ut.edu.co
4Profesor asociado, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal,
Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. jfsolanilla@ut.edu.co

Resumen. Se estudió la cinética de degradación térmica de vitamina C en jugo de curuba (*Passiflora tripartita* var. Mollissima) en condiciones aerobias con pH 3,38 y 11,5 de ° Brix, evaluando su estabilidad a diferentes temperaturas (25, 60, 70 y 90°C) de acuerdo a ensayos preliminares. Los resultados indicaron que la degradación térmica del ácido L-ascórbico siguió una cinética de primer orden. El efecto de la temperatura sobre la constante cinética (k) fue modelado usando una ecuación tipo Arrhenius ($R^2 = 0,956$), donde la energía de activación fue 45,18 kJ mol⁻¹ y el factor de frecuencia 13,07h⁻¹.

Palabras claves: Constante cinética, Energía de activación, modelación matemática, Vitamina C.

Abstract. Thermal degradation kinetic of vitamin C, in banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. Mollissima) juice, was studied at pH 3.38 and 11.5 ° brix. The juice stability was measured at temperatures (25, 60, 70 and 90°C) according to preliminary assay. The results showed that thermal degradation of Lascorbic acid followed a first-order kinetic. The temperature effect on kinetic constant (k) was modelled by an Arrhenius equation ($R^2 = 0.956$), where the parameters related to the activation energy and the factor frequency were 45.18 kJ mol⁻¹ and 13.07 h⁻¹, respectively.

Key words: Rate constant, activation energy, mathematical modeling, Vitamin C.

INTRODUCCIÓN

La curuba (*Passiflora tripartita* var. Mollissima) es una de las frutas de la familia pasiflora de mayor producción en Colombia. Esta fruta dispone de un alto contenido de minerales y niveles altos de actividad antioxidante, entre las que se destaca la vitamina C (ácido L-ascórbico) (Contreras-Calderón *et al.*, 2011). La vitamina C es la vitamina más inestable y fácilmente destruida durante el procesamiento y almacenamiento de frutas,

por la disponibilidad de oxígeno durante el calentamiento prolongado y la exposición a la luz. Por otra parte, la presencia de metales actúan como catalizadores de oxidación, factores nocivos que aceleran la destrucción de la vitamina C (Davey *et al.*, 2000). El resultado de la oxidación del ácido ascórbico (AA) es la formación del ácido dehidroascórbico, que aún conserva la actividad de la vitamina C, luego se hidroliza y forma el ácido 2,3 dicetogulónico, compuesto irreversible que no posee actividad biológica. Estos dos productos de degradación reaccionan con aminoácidos, péptidos y lípidos dando lugar a pardeamiento no enzimáticos (Vernin *et al.*, 1997) produciendo baja calidad en alimentos. En el presente trabajo se estudió la cinética de degradación del ácido L-ascórbico existente en jugo de curuba con el fin de obtener un modelo matemático que pueda ser incluido durante el diseño y optimización de los tratamientos térmicos, y de este modo establecer condiciones óptimas de procesamiento que permitan la conservación de la vitamina C en este producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Los frutos de curuba (*Passiflora tripartita* var. Mollissima) fueron obtenidos en un mercado local de la ciudad de Ibagué (Tolima-Colombia). La pulpa se procesó en un extractor de fruta (Black y Decker, USA). Al jugo extraído se le midió el pH (potenciómetro, Starter 300 Ohaus, USA) y los grados Brix (refractómetro, 300034 Sper Scientific, USA). Posteriormente se conservó a -80 °C en bolsas Ziploc protegido de la luz hasta su análisis.

Proceso térmico y análisis de vitamina C. Muestras de jugo de curuba (200 mL) fueron expuestas de acuerdo a pruebas preliminares a temperaturas de 25, 60, 70 y 90°C (Dios Alvarado *et al.*, 1989) en una plancha de calentamiento (C-MAG HS 7 IKA, Alemania) con agitación constante y control

de temperatura (ETS-D5 IKA, Alemania). Durante 4 horas de tratamiento térmico se tomaron 2g de muestra cada hora y se monitoreó la pérdida de peso para mantener constante el volumen de la muestra. Las muestras fueron aforadas a 25 mL con solución de ácido meta fosfórico-ácido acético, para determinación de AA por la metodología AOAC 967.21 con el método por titulación con 2,6 Diclorofenolindofenol (Sigma-Aldrich, USA) (AOAC, 2000).

Modelo cinético de degradación. La degradación del contenido de AA por efecto de la temperatura fue representada usando la ecuación (1). En este modelo de primer orden es el contenido inicial de AA (mg AA/100g de jugo fresco (JF)), es la constante cinética de primer orden (h⁻¹), es el contenido de AA (mg AA/100g) al tiempo t (h).

$$C = C_0 \exp(-k_T t) \quad (1)$$

El efecto de la temperatura sobre la constante cinética (k_T) fue determinado usando la ecuación de Arrhenius (ecuación 2), donde es el factor de frecuencia (h⁻¹), E_a es la energía de activación (J mol⁻¹), R es la constante universal de los gases (8.314Jmol⁻¹K⁻¹) y T es la temperatura absoluta (K). Ea puede interpretarse como la energía necesaria para que ocurra la reacción química, es decir, la degradación del AA por efecto de la temperatura.

$$k_T = k_0 \exp^{-E_a/RT} \quad (2)$$

Al expresar la ecuación (2) de forma lineal (ecuación 3), Ea puede ser estimada desde la pendiente.

$$\ln k_T = \left(\frac{-E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) + \ln k_0 \quad (3)$$

RESULTADOS

Análisis de la muestra fresca. El jugo de curuba usado para el presente estudio presentó un pH de 3,38 y un contenido de sólidos solubles de 11,5°Brix, correspondiente a un fruto en madurez comercial con cantidad de solutos considerables y acidez predominante. En cuanto a la cuantificación de AA el jugo mostró 93,84±0,03 mg de AA por cada 100 gJF, presentando valores elevados de vitamina C. según contreras-calderón *et al.* (2011) la curuba en comparación con 24 frutas exóticas de Colombia, fue uno de los frutos con mayores niveles de actividad antioxidante.

Cinética de degradación de ácido ascórbico en el

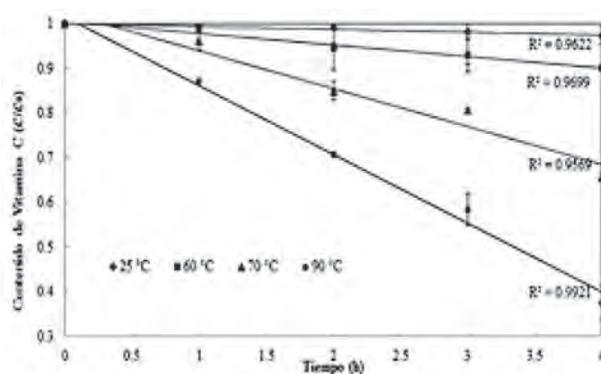


Figura 1. Degradación de Vitamina C en jugo de curuba durante el calentamiento a 25, 60, 70 y 90 °C.

tratamiento térmico. La cuantificación de AA en jugo de curuba a través del tiempo a diferentes temperaturas se representa en la figura 1, donde la degradación térmica de AA muestra una cinética de reacción de primer orden (ecuación 1) dependiendo de la temperatura y el tiempo de residencia con coeficientes de determinación (R²) mayores a 0,95 (Tabla 1).

Para determinar el efecto de la temperatura sobre los parámetros estudiados (, las constantes cinéticas obtenidas a partir de la ecuación (1) se ajustaron a la ecuación (2) de tipo Arrhenius (Figura 2) con un R² de 0,956.

La Ea calculada fue de 45,18 kJ mol⁻¹, siendo la tasa de degradación del AA en curuba relativamente baja. Este valor se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para la degradación del ácido ascórbico en varios zumos de cítricos a temperaturas similares, con Ea que no superan los 53 kJ mol⁻¹ (Dhuique-Mayer *et al.*, 2007; Dios Alvarado y Palacios Viteri, 1989).

Factores como el pH, concentración de sólidos, estado de madurez y la concentración de oxígeno disuelto (Davey *et al.*, 2000) pueden ser factores para la determinación de los parámetros cinéticos y Ea de la degradación de AA.

Tabla 1. Datos de ajuste de los parámetros identificados para el modelo cinético.

T (°C)	k _T (h ⁻¹)	R ²	lnK ₀	E _a (kJ mol ⁻¹)
25	-0,00629	0,962	13,07	45,18
60	-0,02597	0,970		
70	-0,08429	0,957		
90	-0,15365	0,992		

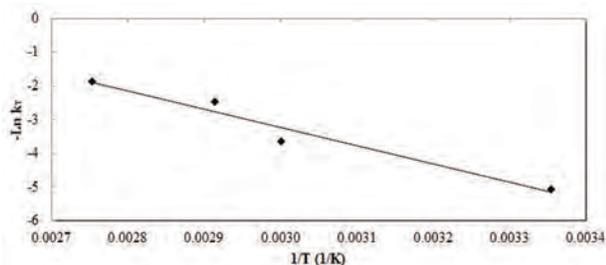


Figura 2. Linealización de la ecuación de Arrhenius para la identificación de los parámetros E_a y k .

CONCLUSIONES

Las cinéticas de degradación de AA en jugo de curuba a temperaturas entre 25 y 90 °C y tratamientos de 4 horas, pueden ser descritas por un modelo clásico de primer orden de dos parámetros (k y E_a). El conocimiento de la degradación de vitamina C en curuba es útil para la optimización de tratamientos térmicos como la pasteurización.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC international. 2000. Association of Official Agricultural Chemists. Official method 967.21, Ascorbic acid in

vitamin preparations and juices.

- Contreras-Calderón, J., L. Calderón-Jaimes, E. Guerra-Hernández and B. García-Villanova. 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44 (7): 2047-2053.
- Davey, M.W., M.V. Montagu, D. Inzé, M. Sanmartin, A.Kanellis, N. Smirnov, I.J.J Benzie, J.J. Strain, D. Favell and J. Fletcher. 2000. Plant \square ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(7): 825-860.
- Dhuique-Mayer, C., M. Tbatou, M. Carail, C. Caris-Veyrat, M. Dornier, M.J Amiot. 2007. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: kinetics and newly formed compounds. *Journal of agricultural and food chemistry* 55(10): 4209-4216.
- Dios-Alvarado, J.D. and N. Palacios Viteri. 1989. Efecto de la temperatura sobre la degradacion aerobica de vitamina C en jugos de frutas citricas. *Arch. latinoam. nutr*39(4): 601-12.
- Vernin, G., S. Chakib, S.M Rogacheva, T.D. Obretenov and C. Párkányi. 1997. Thermal decomposition of ascorbic acid. *Carbohydrate research* 305(1): 1-15.

Aplicación de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en la Evaluación de la Estabilidad del Polen Apícola Deshidratado¹

Application of Differential Scanning Calorimetry (DSC) in the Evaluation of the Stability of Dried bee Pollen

Andrés Durán-Jiménez¹; Martha Cecilia Quicazán²

¹ Ingeniero Químico. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Carrera 30 N° 45 - 03. E-mail: aduranji@unal.edu.co

² Profesora asociada. ICTA. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. E-mail: mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. Con el fin de determinar algún tipo de degradación física o química durante el proceso de secado, fue evaluada la curva de capacidad calorífica del polen apícola proveniente del Altiplano Cundiboyacense, mediante ensayos de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). Se evaluaron 4 muestras de polen después de haber sido sometido a procesos de deshidratación a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C; adicionalmente se evaluó una muestra de polen fresco. Los termogramas de las muestras deshidratadas a las temperaturas de 40, 50° y 60°C, no evidencian ningún tipo de transición

térmica del producto, dentro del rango evaluado. El termograma del polen deshidratado a 70°C muestra una señal endotérmica alrededor de los 40°C. Una reacción de transición vítrea se observa como un aumento en la señal de la capacidad calorífica en 45°C, lo que puede indicar una degradación de la estructura del producto.

Palabras clave: apicultura, secado, análisis térmico, transición vítrea, cristalización.

Abstract. In order to determine some kind of chemical or physical degradation during the drying process, it was evaluated the heat

capacity curve of bee pollen by Differential Scanning Calorimetry (DSC) assays. DSC tests were carried out for samples of fresh pollen and those subjected to drying processes at 40, 50, 60 and 70°C. The thermograms of the dehydrated samples at the temperatures of 40, 50 and 60°C do not show any thermal transition of the product within the range evaluated. The thermogram of the pollen sample dehydrated at 70°C shows an endothermic signal at about 40°C. A glass transition reaction is observed as an increase in the heat capacity signal at 45°C which may indicate a degradation of the product structure.

Keywords: beekeeping, drying, thermal analysis, glass transition, crystallization.

INTRODUCCIÓN

El polen apícola es un producto natural generado por las abejas, considerado una buena fuente de aminoácidos esenciales, minerales, azúcares, vitaminas y compuestos antioxidantes como flavonoides y carotenoides (Campos *et al.*, 2008; Campos, *et al.*, 2010; Feás, *et al.*, 2012). La deshidratación es aplicada al polen para lograr su estabilización en el almacenamiento. Se desconoce el efecto que la temperatura de deshidratación sobre la estructura y estabilidad del polen y no existen estudios que permitan establecer un límite y/o rango de temperaturas adecuados para el proceso. La Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) es una técnica que mide el flujo de calor, relativo a un material de referencia, de una muestra como función de la temperatura mientras están sometidas a un calentamiento lineal. Cuando existe una transformación térmica (estructural), se necesitará que fluya más o menos calor a la muestra que a la referencia para mantener ambas a la misma temperatura. De este modo, determinando la diferencia de flujo calorífico, los calorímetros DSC pueden medir la cantidad de calor absorbido o eliminado durante tales transiciones (Verdonck, *et al.*, 1999). Los ensayos DSC pueden ser usados también para determinar cambios de fase más difíciles de observar como las transiciones vítreas (Schawe, 1995). Los datos arrojados por esta técnica pueden ser utilizados como un indicador de la integridad estructural y fisicoquímica de un producto polen sometido a procesos térmicos, identificando la temperatura adecuada en la que se minimice el impacto sobre sus propiedades (Kaletunç, 2009). En este trabajo se evaluaron mediante DSC, las curvas de capacidad calorífica (como función del flujo de calor), del polen apícola previamente deshidratado a diferentes temperaturas y con diferentes contenidos de humedad final, con el fin de determinar fenómenos de cambio estructural.

METODOLOGÍA

Muestras de polen apícola fresco proveniente del municipio de Viracachá, Boyacá, fueron deshidratadas durante 6 horas en un secador de bandejas con flujo forzado de aire con humedad relativa promedio de 79% a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C. Se obtuvieron los termogramas de capacidad calorífica de las muestras deshidratadas y del polen fresco, mediante un calorímetro MDSC 2910 TA-Instruments, USA, sometíendolas a una rampa modulada de temperatura con incremento de 2,5°C/min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las curvas de capacidad calorífica en función de la temperatura medidas mediante DSC en las muestras de polen apícola evaluadas.

En los termogramas de la muestra fresca con un contenido de humedad de 18,94% y las muestras deshidratadas a las temperaturas de 40, 50° y 60°C, con contenidos de humedad de 9,35%; 5,29%; 3,23% respectivamente, se observa una estabilidad de la señal de Cp, lo que indica que no existe ningún tipo de transición térmica en la estructura del producto. Sin embargo, para estas temperaturas pudo observarse una disminución progresiva de la capacidad calorífica de las muestras en el termograma, que puede estar relacionada con el cambio en el contenido de humedad; un mayor contenido de agua en la matriz del alimento aumenta la capacidad calorífica del mismo (Kaletunç, 2009).

En los termogramas de la muestra deshidratada a una temperatura de 70°C (contenido de humedad de 1.89%) se observa una señal endotérmica alrededor de 40°C relacionada con reacciones de transición vítrea y/o fusión endotérmica; el aumento en la señal de capacidad

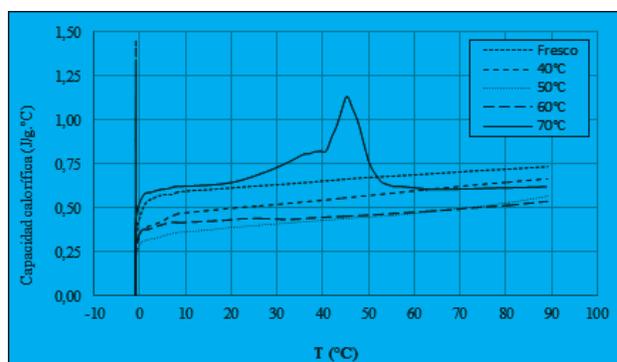


Figura 1. Termograma MDSC de la capacidad calorífica (Cp) de las muestras de polen fresco y previamente deshidratado a diferentes temperaturas.

calorífica en la curva alrededor de los 45°C, incluso con una aparente pérdida mayor de humedad a nivel global dentro de la matriz alimentaria, confirma una reacción de transición vítrea en la estructura del polen, consecuente con comportamientos observados en otros alimentos de alta concentración de azúcares (Kaletunç, 2009; Meuter *et al.*, 1999; Schawe, 1995). Estos resultados indicarían una desnaturalización o degradación de la estructura química del alimento (principalmente de los azúcares), además de una deshidratación superficial generada por el endurecimiento exterior del polen (generándose retención de humedad en la estructura interna), descartando esta temperatura como la adecuada para el proceso de secado.

CONCLUSIONES

Se evidencia un cambio de la capacidad calorífica de las muestras de polen que puede relacionarse con el cambio en su contenido de humedad final. En el termograma de la muestra de 70°C se evidencia un aumento en la señal de la capacidad calorífica que indicaría una reacción de transición vítrea en la estructura del polen, esta transición térmica puede ser debida al bajo contenido de humedad y la degradación química del alimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, M.G.R., S. Bogdanov, L.B. Almeida-Muradian, T. Szczesna, Y. Mancebo and C. Frigerio. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods, *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 47(2): 156-163.
- Campos, M.G.R., C. Frigerio, J. Lopes and S. Bogdanov. 2010. What is the future of bee-pollen?. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 2(4): 131-144.
- Feás, X., M.P. Vázquez-Tato, L. Estevinho, J.A. Seijas and A. Iglesias. 2012. Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. *Molecules* 17: 8359-8377.
- Kaletunç, G. 2009. *Calorimetry in food processing: analysis and design of food systems*, Vol. I. Ames, Iowa (USA), Wiley-Blackwell.
- Meuter, P.D., H. Rahier and B.V. Mele. 1999. The use of modulated temperature differential scanning calorimetry for the characterisation of food systems, *Int J Pharma*, 192: 77 - 84.
- Schawe, J.E.K. 1995. Principles for the interpretation of modulated temperature DSC measurements. Part 1, Glass transition, *Thermoch Acta* 261: 183 - 194.
- Verdonck, E., K. Schaap and L.C. Thomas. 1999. A discussion of the principles and applications of Modulated Temperature DSC (MTDSC), *Int J Pharmac*, 192: 3 - 20.

Efecto del Ultrasonido de Sonda en el *Overrun* de Helado de Crema

Ultrasound Probe Effect in Ice Cream Overrun

Angélica María Lombana L¹; Sebastián Camilo Ramos L² ;
Johanna Andrea Serna³; Luz Indira Sotelo D⁴

¹ Estudiante de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Universidad de La Sabana: angelica.lombana@unisabana.edu.co

² Estudiante de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Universidad de La Sabana: sebastian.ramos@unisabana.edu.co

³ Ingeniera Agroindustrial, M.Sc. Diseño y Gestión de Procesos, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Universidad de La Sabana: johanna.serna@unisabana.edu.co

⁴ Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Producción Agroindustrial, Universidad de La Sabana: Indira.sotelo@unisabana.edu.co

Resumen. El ultrasonido es una tecnología de transmisión y conversión de energía mecánica a energía acústica; a través de los años ha sido utilizada en aplicaciones de extracción, emulsificación, control de calidad, inocuidad, entre otros. En la aplicación de sonda sobre matrices alimentarias se hace importante conocer los efectos del ultrasonido sobre esta; por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto

sobre la densidad y el volumen de un helado de crema al utilizar ultrasonido de alta potencia utilizando un equipo de ultrasonificación (Qsonica, Q700 Sonicator), durante 5 minutos en continuo sobre la matriz láctea (base para helado), se empleó un tip de 25,4 mm de diámetro con amplitudes de 6, 12, 18, y 24 μm . Se realizaron ensayos por triplicado para cada condición, los cálculos de potencia se evaluaron por métodos

térmicos ($Potencia\ disipada = masa * Cp * (\Delta T / \Delta t)$); el % de overrun mediante la relación peso y volumen. Se obtuvo una correlación lineal entre el aumento de overrun y la amplitud utilizada, con aproximadamente 1,22% de aumento para la amplitud de 24 μm en cuanto peso y volumen. La potencia disipada se ve favorecida con el aumento de amplitud a lo largo del tratamiento; mientras que, la energía emitida no presenta correlación en cuanto a las variaciones de amplitud.

Palabras Claves: Ultrasonido, Overrun, Potencia disipada, Energía emitida.

Abstract. *Ultrasound is a technology of transfer and conversion of acoustic energy to mechanical energy; through the years it has been used in applications, extraction, emulsification, quality control, safety, among others. In applying probe on food matrices is important to know the effects of ultrasound on this; thus, the objective of this study was to evaluate the effect on the density and volume of an ice cream using high power ultrasound equipment using ultrasonication (Qsonica, Q700 Sonicator) for 5 minutes continuously on the dairy matrix (base for ice cream) a 25.4 mm diameter tip with amplitudes of 6, 12, 18, and 24 microns were used. Triplicate assays were performed for each condition, power calculations were evaluated by thermal methods (power loss = mass * Cp * (DT / Dt). Weight volume ratio by % Overrun and a linear correlation were obtained between the overrun and increased amplitude used, approximately 1.22 % increase to the extent of 24 microns as weight and volume the power dissipated is favored with increasing amplitude along the treatment, while energy issued does not present correlation as for the amplitude variations.*

Key Words: Ultrasound, Overrun, Power dissipation, energy emitted.

INTRODUCCIÓN

Estudios para el sector Agroindustrial han demostrado que es de gran importancia la búsqueda de nuevas tecnologías de procesamiento que faciliten u optimicen los procesos convencionales como el ultrasonido de alta potencia que ha sido ampliamente estudiado en aplicaciones en control de calidad, emulsificación, homogenización, extracción, inhibición microbiana, antiespumante, entre otras. (Bermúdez-Aguirre, *et al.*, 2011). La potencia disipada y la energía emitida son parámetros necesarios para el estudio del comportamiento de la transferencia de energía a una matriz alimentaria al aplicar ultrasonido en sonda, donde el medio se encuentra en contacto inmediato con el tip de las ondas de sonido (Chandrapala *et al.*, 2012). Una operación importante para la industria de procesamiento de helados es la incorporación de aire o comúnmente llamado el overrun que se define más claramente como la cantidad de aumento de volumen que se obtiene durante el batido teniendo en cuenta la cantidad de mezcla que ingresa y la cantidad de helado que se obtiene. (Madrid y Cenozo, 2003)

Así, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ultrasonido en sonda de alta potencia y bajo poder como agente emulsificante del helado previo al proceso overrun en propiedades como la densidad y el volumen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una base en polvo comercial para helado, adicionada con 240 mL de leche entera a cada 80 g de base, se almacenó a 4°C.

Ultrasonido en la matriz láctea. Se aplicó ultrasonido a la matriz láctea en un equipo de ultrasonificación (Qsonica, Q700 Sonicator, 700 W RMS) por 5 minutos en proceso continuo. Se empleó un tip de 25,4 mm de diámetro con amplitudes de 6, 12, 18, y 24 μm que corresponden al 10, 20, 30 y 40% respectivamente y uso de termocuplas para el monitoreo de temperaturas utilizando un volumen de 500 mL. Se realizaron ensayos por triplicado para cada condición mediante el diseño experimental de Taguchi. (Kavanaugh, 2002)

Cálculos de overrun en helado con relación al peso y al volumen. Para determinar el % de overrun con respecto al peso se hizo uso de la relación: % Overrun = (M-I)/I (Goff & Hartel, 2013). Donde M es la masa de la base para helado, I es la masa del helado luego de ser preparado para cada una de las amplitudes estudiadas. El % de overrun en relación al volumen se determinó mediante la ecuación $M1V1 = M2V2$ Donde m1: masa de la base para helado, v1: volumen de base para helado, m2: masa del helado y v2: volumen del helado para cada una de las amplitudes estudiadas.

Deltas de temperatura para la determinación de potencia disipada. Los deltas de temperatura utilizados para determinar la potencia disipada se tomaron usando 2 termocuplas (una al centro de la muestra y la otra al extremo de ella) registrando las temperaturas cada minuto durante el tiempo de tratamiento, se realizaron ensayos por triplicado y se obtuvo un promedio de las mismas.

Energía emitida y potencia disipada. Los cálculos de potencia se evaluaron por métodos térmicos $P_{dis} = m * Cp * \Delta T / \Delta t - 1$ (Hu *et al.*, 2013) donde m: masa utilizada para el ensayo, ΔT : diferencia de temperaturas, Δt : tiempo de operación y Cp: calor específico de la matriz calculado por el método de Choi & Okos (1986). La energía emitida se obtuvo del equipo y las temperaturas mediante las termocuplas tomando datos cada minuto para cada una de las amplitudes durante los 5 minutos de tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos del ultrasonido en el overrun del helado con relación al peso y al volumen. El efecto que tiene el ultrasonido en sonda, a diferentes amplitudes de onda y con un tiempo de sonicación de 5 minutos en una base para helado, sobre el overrun es el aumento proporcional del mismo al incrementar la amplitud de

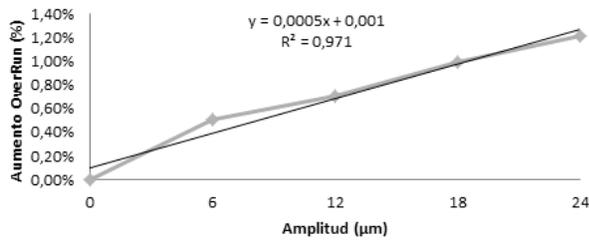


Figura 1. Incremento en el porcentaje de overrun del helado con respecto al control en relación al volumen obtenido para las amplitudes de 10, 20, 30 y 40% (6, 12, 18 y 24 μm respectivamente) utilizando un volumen de 500 mL con un tratamiento de ultrasonido de 5 minutos.

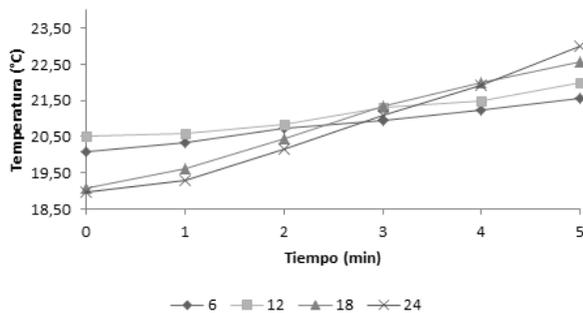


Figura 2. Incremento de temperatura del helado obtenido para las amplitudes de 10, 20, 30 y 40% (6, 12, 18 y 24 μm respectivamente) utilizando un volumen de 500 mL con un tratamiento de ultrasonido de 5 minutos

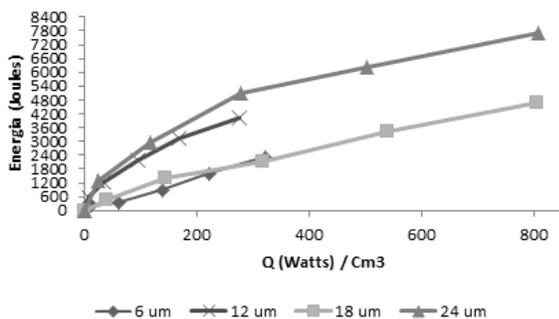


Figura 3. Potencia disipada frente a la energía emitida para cada amplitud en el tip de 25,4 mm, volumen 500 mL en proceso continuo durante 5 minutos, en matriz láctea base para helado.

onda del tratamiento como se evidencia en la Figura 1. De esta manera, se evalúa un aumento del overrun con respecto al peso y el volumen, sin embargo se encuentra mayor precisión al evaluar el tratamiento con respecto al volumen ya que con este se obtiene una correlación lineal $R^2 = 0,917$, mientras que; con respecto al peso, su correlación refleja un $R^2 = 0,9614$. Este aumento en el overrun puede estar asociado a mayor solubilidad de K-Caseínas al aplicar ultrasonido tal como lo han explicado (Shanmugam *et al.*, 2012).

Deltas de temperatura para la determinación de potencia disipada. La transferencia de energía desde el tip de sonicación hacia la base láctea se ve afectada a medida que aumenta la amplitud de onda del tratamiento como se evidencia en la figura 2, esto conlleva a mayor eficacia en la conversión de energía eléctrica a acústica y posteriormente a térmica al incrementar la amplitud de onda del tratamiento, lo cual repercute directamente en la potencia disipada de la matriz.

Energía emitida y potencia disipada en el proceso. La cantidad de energía ultrasónica que recibe una muestra no puede ser determinada exclusivamente a partir de la cantidad de energía eléctrica consumida (Perkins, 1986). Sin embargo, no toda la energía eléctrica suministrada al transductor es transformada en energía acústica; por esta razón en la Figura 3, se muestran los resultados de los cálculos de la potencia disipada en relación con los datos de energía suministrados por el equipo, durante 5 minutos de sonicación, se observa que a 6 μm se obtiene un máximo de energía de 2000 Joules y aproximadamente 300 W/cm² de potencia. En 18 y 24 μm se obtienen los mismos valores de potencia, pero sin embargo los valores de energía se incrementan a 4000 y 7000 Joules respectivamente. Con estos resultados se puede inferir que el factor más importante en este tipo de análisis son las variaciones de temperatura que sufre la matriz, ya que esta repercute directamente en la potencia.

CONCLUSIONES

El efecto del ultrasonido en la operación de overrun para una matriz de helado puede generar incrementos hasta del 1,22 % con respecto a su base líquida, infiriendo así que la aplicación de ultrasonido en este tipo de matrices proporciona una mayor coalescencia de las fases mejorando la transferencia de materia (aire a la base líquida) en el proceso de aireado en la fabricación de helados; Así mismo, es de vital importancia el control de temperatura en la matriz ya que esta se ve afectada directamente en la misma al aumentar la amplitud de onda del tratamiento lo cual puede afectar las propiedades físicas y organolépticas del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

- Bermúdez, D., T. Mobbs and G.V. Barbosa. 2011. Ultrasound Applications in food Processing. En H. Feng, G. V. Barbosa and J. Weiss, Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing:78-79. United States: Springer.
- Chandrapala, J., C. Oliver, S. Kentish and M. Ashokkumar. 2012. Ultrasonics in food processing . Ultrasonics Sonochemistry: 975-983.
- Goff, D.H. and R.W. Hartel. 2013. Ice Cream : 188. New York: Springer
- Hu, F., D.W. Sun, W. Gao, Z. Zhang, X. Zeng and Z. Han . 2013. Effects of pre-existing bubbles on ice nucleation and crystallization during ultrasound. Innovative Food Science and Emerging Technologies.
- Kavanaugh, C. 2002. Los diseños de taguchi contra los diseños clásicos de experimentos. Redalyc.
- Madrid, A. y I. Cenzano.2003. Helados: Elaboración, Análisis y Control de Calidad . Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Perkins, J. P. (2012). Power Ultrasonic Equipment. Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de Sonic Systems: <http://www.sonicsystems.co.uk/userfiles/files/Power%20Ultrasonic%20Equipment%20-%20Practice%20and%20Application%20paper.pdf>
- Shanmugam , A., J. Chandrapala and M. Ashokkumar . 2012. The effect of ultrasound on the physical and functional properties of skim milk. Innovative Food Science and Emerging Technologies: 251-258.

Drying of Papaya Seeds (*Carica papaya L.*) Secado de Semillas de Papaya (*Carica papaya L.*)

Anderson V.V. Oliveira¹; Stela L.R. Mendonça²; José Osmar S. Dantas¹; Kênia G. Cosmo¹; Arthur. C. Lima¹; Esmeralda P. Santos³ and Ricardo T. Moreira⁴

¹ Bacharelado em Agroindústria. Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Campus III, Bananeiras. Paraíba. Brasil. anderson.vandre@bol.com.br; osmar.dantas@gmail.com; grilo.ufpb@gmail.com.br ; artur.ufpb@hotmail.com

² Professora Adjunta. Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia de Alimentos. Centro de Tecnologia. João Pessoa. Paraíba. Brasil. steladelourdes@gmail.com

³ Professora Associada. Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. João Pessoa. Paraíba. Brasil. esperaldaparanhos@ig.com.br

⁴ Professor Associado. Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia de Alimentos. Centro de Tecnologia. João Pessoa. Paraíba. Brasil. motari@ig.com.br

Abstract: This work studied the drying kinetics of papaya seeds (*Carica papaya L.*). The drying of seeds with and without mucilage was held in tray drier with forced air circulation. The drying curves were determined at temperatures of 60°C, 50°C and 40°C. The adjustment of curves was performed using polynomial equations with regression coefficients (R^2) ranging from 97.72% to 99.51% for seeds with mucilage, and from 99.69% to 99.86% for seeds without mucilage. Semi-empirical equations can be used to determine the drying time of papaya seeds under the same conditions of this study. The drying process of papaya seeds is strongly influenced by temperature and presence of mucilage.

Key words: Papaya seeds, drying, *Carica papaya L.*

Resumen: El objetivo de este trabajo fue desarrollar estudios de la cinética de secado de semillas de papaya (*Carica papaya L.*). El secado de las semillas con y sin mucílago se realizó en un secador de bandeja con ventilación forzada. Las curvas de secado fueron determinadas para temperaturas de 60°C, 50°C y 40°C. El ajuste de las curvas fue realizado

utilizando ecuaciones polinomiales, con los coeficientes de regresión (R^2) variando entre 97,72% y 99,51%, para semillas deshidratadas con mucílago, y 99,69% a 99,86% para las semillas sin mucílago. Las ecuaciones semiempíricas pueden ser usadas para determinar el tiempo de secado de las semillas de papaya en las mismas condiciones de este estudio. El proceso de secado de las semillas de papaya está fuertemente influenciado por la temperatura y la presencia de mucílago.

Palabras clave: Semillas de papaya, secado, *Carica papaya L.*

INTRODUCTION

Papaya fruit (*Carica papaya L.*) seeds, which correspond on average to 14% of the fruit weight, are usually disposed both in the food industry as in domestic consumption; however, they could be useful to man and environment, and could even be processed into products with significant economic value (Jorge; Malacrida, 2008). A single fruit can produce 1,000

seeds or more. Fruits with less than three hundred seeds are generally non-commercial and the more seeds the fruit contains, the larger its size (Melo, 2010). Defatted papaya seeds are rich in protein, fiber and minerals, especially calcium and phosphorus. Papaya seeds also show high concentrations of oleic acid similar to olive oil, and high lipid content similar to sunflower oil. According to the "Jornal Hoje", Brazilian TV news broadcast (2013), papaya seed can replace the use of black pepper in different recipes for people who have some sort of limitation on the use of this condiment. The use of papaya seeds to obtain a powdered condiment would be an alternative to the use of this waste, which could be incorporated in various culinary preparations, and add economic value to the residue. Drying is an important stage for obtaining powdered condiment from papaya seed; however, most published works in relation to the drying of papaya seeds are aimed to verify the quality behavior and physiological preservation needed to germination. Carlesso *et al.* (2009) recommend that for drying papaya seed, the temperature should not exceed 40°C, so as not to have a dramatic reduction in their physiological quality. Studies on the dehydration of papaya seeds with feeding purpose are scarce. Prado (2004) studied the heat and mass transfer during drying in fixed bed in thick layer of papaya seeds with mucilage. Given the above, this study aimed to verify the drying rate behavior of papaya seeds with and without mucilage for feeding purposes.

MATERIAL AND METHODS

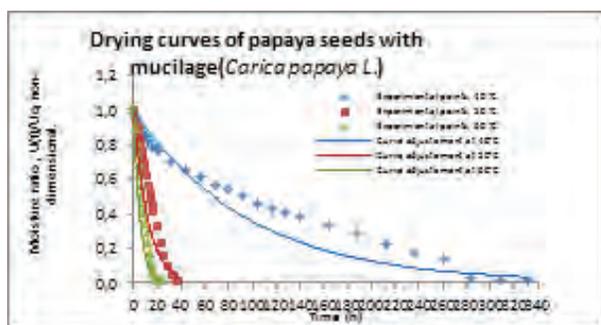
This study used Papaya fruits Formosa cultivar obtained from local shops at maturation stage from 50% to 75% of external surface with yellow color. The previously washed raw material was treated with chlorinated water, peeled, cut and seeds were removed. Drying tests were performed with seeds with and without mucilage at temperatures of 60°C, 50°C and 40°C, in a dehydrator brand Pardal Model PE10, with volumetric flow of 2.0 m³s⁻¹. After completion of drying, the seeds were packaged in

hermetically sealed bottles. The weight loss during the drying process was monitored by weighing at regular intervals until reaching constant weight. Then, 5 g samples were collected from each tray and taken to oven at temperature of 105°C for 24 hours for subsequent dry matter determination.

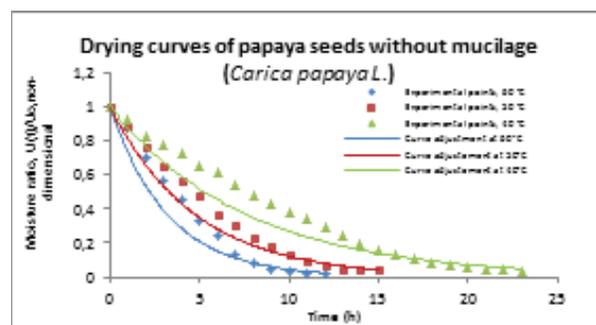
RESULTS AND DISCUSSION

The study or evaluation of a drying process is done by preliminary tests on laboratory scale, which provide information for predicting the behavior on a larger scale. The drying curves depict the evolution of the water content of a product throughout a given experiment considering the properties of the drying air as constant. Figures 1 (a) and 1 (b) show the experimental curves of the drying of papaya seeds with and without mucilage, respectively, at different temperatures of the drying air. Figure 1 (a) shows that the higher the processing temperature, the sharper the drying curve. The water loss was faster at temperatures of 60°C and 50°C, which lasted on average of 24 hours and 37 hours, respectively. At temperature of 40°C, the drying time was longer, since the process only came to an end after 332 hours. Figure 1 (b) shows that there was a significant decrease in the drying time at the three temperatures tested in the experiment. It was considered that the presence of mucilage surrounding the papaya seed hinders the migration of moisture from the inside to the surface of the seed. Often, certain drying curves do not exhibit constant drying rate period. This can be observed in the drying curves obtained from biological product with high initial moisture content and temperature lower than the dryer air flow (Fioreze, 2004). Figure 2 (a) and 2(b) shows that the characteristic phases of a drying process are not well defined, with the predominant phase of decreasing drying rate.

At this stage, the water inside the seed finds resistance to migrate to the surface due to the decreased deficit of vapor air pressure. Figure 2 (a) shows that this process is

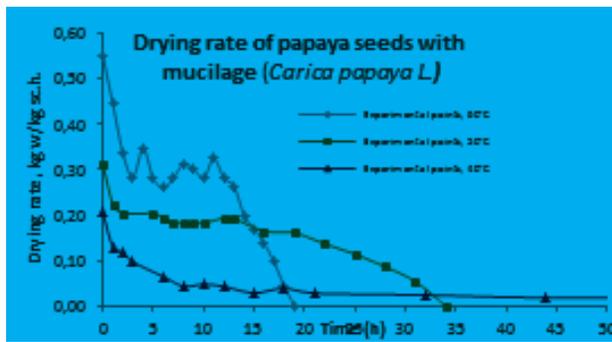


(a)

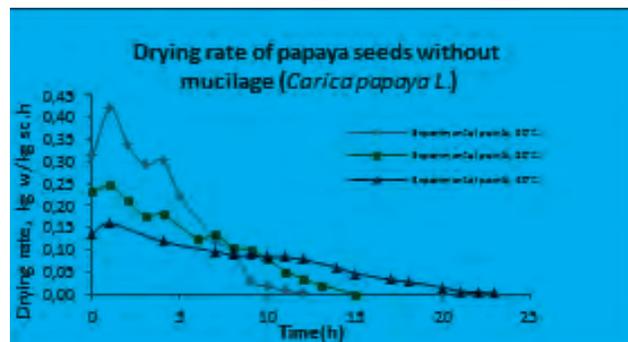


(b)

Figure 1. Drying curves of papaya seeds at 60°C, 50°C and 40°C (a) with mucilage and (b) without mucilage.



(a)



(b)

Figure 2. Drying rates of papaya seeds at 60°C, 50°C and 40°C (a) with mucilage and (b) without mucilage.

enhanced due to the properties of the mucilage surrounding the seed. The study of the drying kinetics is carried out in order to describe the drying process in mathematical terms, thus providing accurate information for the development of models to facilitate predicting the drying time of a product. The drying curves of papaya seeds were adjusted according to the equations shown in Table 1. The Page equation was used to describe the drying process of papaya seeds, where the term is the moisture ratio, $U(t)$ is the moisture at time t expressed as percentage (decimal), U_0 is the initial moisture content (decimal) and t is the drying time (hours). As can be seen, the regression coefficients (R^2) for each temperature range from 94.36 % to 96.32 % for dehydrated seeds with mucilage and from 85.02 % to 88.42% for dehydrated seeds without mucilage, indicating that the equations shown in Table 1 describe the drying process with accuracy above 97%. However, being of empirical nature, these equations can only be used to predict drying situations under operating conditions similar to which they were studied.

Table 1. Adjustment of the drying kinetics of papaya seeds.

Temperature (°C)	Drying seeds with mucilage	R^2 (%)	Drying seeds without mucilage	R^2 (%)
60		86.92		94.93
50		85.02		96.32
40		88.42		94.36

CONCLUSION

The drying kinetics of papaya seeds was studied in laboratory scale at temperatures of 60°C, 50°C and 40°C. The study shows that the drying rate is strongly influenced by the drying air temperature and the presence of mucilage. The adjustment of the drying curves was made from Page equations. The equations presented describe the drying process with accuracy above 97 % for seeds without mucilage and can be used to predict the drying time, as long as the process is carried out under the same conditions studied here.

REFERENCES

- Carlesso, V.O., R.F. Silva, J.T.L. Thiébaud e M.T.R. Oliveira. 2009. Germinação e vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden secadas em altas temperaturas. *Revista brasileira de sementes*. 31(2): 228-235.
- Fiozeze, R. 2004. *Princípios de Secagem de Produtos Biológicos*. João Pessoa. Editora Universitária. 61-109p.
- Neuza, J. e C.R. Malacrida. 2008. Extrato de sementes de mamão como fonte de antioxidantes naturais. *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, 19(3): 337-340.
- Sodré de Melo, M.L. 2010. *Caracterização, estabilidade oxidativa e determinação do potencial energético do biodiesel derivado do mamão (*Carica papaya* L.): uma fonte não convencional*. Tese de Doutorado em Química. Orgânica. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 130 p.
- Pimenta faz bem a saúde e ajudar a combater o envelhecimento. Em: [http<www.globo.com/jornal-hoje/noticia/2010/05/](http://www.globo.com/jornal-hoje/noticia/2010/05/) . Consulta: janeiro 2013.
- Do Prado, M.M. 2004. *Secagem em leito fixo de sementes com mucilagem*. Tese de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos (SP). 162 p.

Efectos de dos Recubrimientos sobre la Calidad de la Papaya (*Carica Papaya*) Variedad Tainung

Two Coatings Effect on the Quality of Papaya (*Carica papaya*) Variety Tainung.

Abraham Miranda¹, Armando Alvis², Guillermo Arrazola²

¹ Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Universidad de Córdoba, Colombia.

² Grupo Investigación Procesos y Agroindustrias de Vegetales. Universidad de Córdoba, Colombia. Email: guillermo.arrazola@ua.es

Resumen. El objetivo estudio fue comparar el efecto de recubrimientos de almidón de yuca y uno comercial (Cerabrix®) en la conservación de papaya (*Carica papaya*) variedad Tainung. Se analizaron, pH, °Brix y firmeza. Además el efecto del tiempo sobre todas las variables observadas (pH, °Brix, acidez (%), pérdida de masa y firmeza). Resultando que en ambos recubrimientos y el control no presentaron diferencias significativas, sin embargo estos fueron diferentes al control en el comportamiento de la firmeza y textura.

Palabras clave: *Carica papaya*, almidón de yuca, acidez.

Abstract. The aim of this study was to compare the effect of cassava starch coatings and a commercial one (Cerabrix®) in the conservation of papaya (*Carica papaya*) variety Tainung. °Brix, pH and firmness were analyzed. Besides the effect of time on all observed variables (pH, °Brix, acidity (%), mass loss and firmness). Resulting in both coatings and control did not differ significantly, but the behavior of the firmness and texture were different to control.

Key words: *Carica papaya*, cassava starch, acidity.

INTRODUCCIÓN

La papaya es una fruta perecedera que tiene una vida útil corta por presentar elevado contenido de humedad, textura susceptible a daños mecánicos, alta tasa respiratoria y de producción de calor (Sañudo, 2008). Esas características generan desventajas en cuanto a su manejo después de la cosecha, resultando en pérdidas derivadas de la falta de comercialización (Canto, 2006). La tendencia tecnológica está la aplicación de recubrimientos superficiales, especialmente ceras que reducen la tasa de respiración, la pérdida de agua y mejorar la apariencia, ya que dan brillo a la superficie (Elshiekh, 2008). El objetivo fue desarrollar un recubrimiento a base de almidón para evaluar las características fisicoquímicas así como también el porcentaje de pérdida de masa y firmeza en papayas cultivadas en Valencia, Córdoba Colombia, comparando el efecto de la aplicación del recubrimiento a base de almidón

de yuca y una cera comercial.(Cerabrix)

MATERIALES Y METODOS

Preparación. El recubrimiento de almidón de yuca fue del 4% P/V (Reis, 2006; Amaya, 2010). Las soluciones se prepararon disolviendo 40g de almidón 960 mL de agua destilada, se adicionó 0,4g de glicerol (1% base seca) y 0,12 g de polietilenglicol (0,3 g de polietilenglicol por gramo de glicerol) (Parra, 2004); el recubrimiento de almidón de yuca se preparó calentando la solución anterior, hasta 70 °C con agitación constante y manteniendo esta temperatura hasta que alcanzó la gelificación que ocurrió entre 15 y 20 Min. Después se enfrió a 20 ± 2°C (Parra, 2004). La concentración de la cera comercial, se preparó 1:1 cera/agua de acuerdo con las recomendaciones del fabricante (22°C ± 2°C y ± 85% Humedad relativa).

Análisis de las muestras. El pH se midió por el método 981,12/90 de la A.O.A.C. Modificado; pH metro digital OAKTON, Ion 510 series. La acidez total se determinó por el método 942,05/90 de la A.O.A.C. modificado. Los sólidos solubles fueron medidos según el método 932,12/90 de la A.O.A.C. modificado, las lecturas se efectuaron con un refractómetro digital (Pocket, B132363) rango entre 0-85%; de grados Brix. La firmeza se midió con penetrómetro digital (BAREISS HPE II, 63844) de (5mm de diámetro). Los resultados se tomaron a partir del valor de la media de la fuerza aplicada a tres muestras de cada tratamiento y, expresados en la unidad de presión cN. La pérdida de masa se midió balanza digital (OHAUS Adventurer) (3100g ± 0,1g) modelo ARC120. Los recubrimientos se evaluaron por 9 días almacenándolos a temperatura 20 °C y humedad relativa de 90-92%

Análisis Estadístico. El análisis de las muestras contó con 60 UE (unidades experimentales). Las variables independientes fueron el tipo de recubrimiento a 2 niveles y tiempo de almacenamiento; las variables dependientes fueron: la pérdida de masa, firmeza, sólidos solubles (°Brix), pH y porcentaje de acidez. Los resultados obtenidos fueron

sometidos a un análisis de varianza, para ello se utilizó el Software estadístico SAS versión 9.1.3; la prueba de comparación múltiple utilizada para analizar las diferencias significativas fue Tukey con una probabilidad del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La disminución del pH y variación de la acidez. para las papayas del tratamiento control (desde 0 a 6 días) y de las papayas tratadas con almidón de yuca y cera comercial (desde los 3 a 9 días) durante el experimento, se puede explicar con los resultados de (2, 3), los cuales establecen que la razón de la disminución del pH puede ser debido a la mayor actividad metabólica en el pico climático

tiempo se va perdiendo gradualmente masa de las papayas de variedad Tainung, tanto las enceradas como el control (Reis, 2006). Asimismo se observa que a pesar de la disminución del porcentaje de pérdida de masa de las papayas enceradas con cera comercial en el día 6, no hay diferencia estadísticamente significativa bajo la prueba de Tukey con respecto al día 3.

CONCLUSIONES

Los efectos provocados por el recubrimiento elaborado a partir de almidón de yuca sobre las características fisicoquímicas (acidez y °Brix) y pérdida de masa (%) de las papayas variedad Tainung, no fueron estadísticamente diferentes a

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza de pH, Acidez (%), °Brix, Firmeza y pérdida masa.

Fuente	DF	Pr > F				
		pH	Acidez (%)	°Brix	Firmeza cN	Perdida masa / g
Encerado	2	< 0,0001 **	0,9909 *	0,0885 *	0,0002 **	0,4220 *
Tiempo	3	0,0163 **	<,0001 **	<,0001**	<,0001 **	<,0001 **
Encerado* Tiempo	6	0,0019 **	0,1335 *	0,0130**	0,0084 **	0,9054 *

** Significativo para un nivel de 5% de probabilidad. * No significativo

característico de la papaya, lo que llevaría a la síntesis de ácidos orgánicos de la fruta como el ácido abscísico, málico, cítrico, y otros; que se originan a partir de la ruptura de la pared celular (Arias, 2007).

Firmeza. Presentó diferencias significativas con respecto al factor encerado, el factor tiempo y la interacción entre ellos. La media de 47,80 cN para el tratamiento control fue significativamente diferente bajo la prueba de Tukey ($Pr < 0,05$), con respecto a 55,95 cN y 56,97 cN de los tratamientos almidón de yuca y cera comercial respectivamente. No obstante, estos tratamientos (almidón de yuca y cera comercial) no tuvieron diferencias significativas con esta misma prueba ($Pr < 0,05$). Por otro lado el factor tiempo en los 0, 3, 6 y 9 días mostraron diferencias significativas, con una tendencia clara a disminuir la firmeza a través del tiempo (4). En la tabla 1 se encuentra el resumen del análisis estadístico de las variables respuestas.

Pérdida de masa. Para el día 9 se encontraron diferencias significativas con respecto a los días 0, 3 y 6. Con el

los provocados por el recubrimiento comercial (cerabrix) y el control a través de los 9 días de almacenamiento. Los cambios provocados en la variación de la firmeza de las papayas recubiertas con la película de almidón de yuca, no presentaron cambios a través del tiempo con respecto a la cera comercial sin embargo estos son diferentes al control. El recubrimiento con cera comercial le otorgó un mejor color y brillo frente a aquellas recubiertas con almidón de yuca y el control hasta el día 9, sin embargo, el estado de la superficie de las papayas recubiertas con la película elaborada de almidón de yuca desde el noveno día de almacenamiento, se conservó mejor; debido a que presentó menor daño superficiales comparado con los otros tratamientos (cerabrix y control).

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, P., L. Peña, A. Mosquera, H. Villada and D. Villada. 2010. Efecto Del Uso De Recubrimientos Sobre La Calidad Del Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill). *Dyna*, 162: 67-73.
- Arias, C. 2007. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización

de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Canto, M., A. Santana, A. da Rocha, D. Barbosa, S. Barbosa, S e V. dos Santos. 2006. Amadurecimiento de Mamao Formosa Com Revestimiento Comestível À Base De Fécula De Mandioca. Revista Ciênc. agrotec., Lavras, 6(30):1116-1119.

Elshiekh, F. and A. Abu-Bakr. 2008. Effect of Harvesting Method on Quality and Storability of Grapefruits., U. of K. J. Agric. Sci. 16(1): 1-14.

Parra, D., C. Tadini, P. Ponce and A. Lugao. 2004. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edibles films. Revista Elsevier, Carbohydrate Polymers 58: 475-481.

Reis, E. 2006. Qualidade pós-colheita do mamão (Carica

papaya) cv. Golden armazenado en atmosferas modificadas. Trabajo de pos-grado. Universidad federal de Vicosa.

Sañudo, J., J. Siller, T. Osuna, D. Muy, G. López y J. Labavitch. 2008, Control de maduración en frutos de papayas (Cariaca papaya) con 1-metilciclopropeno y 2-ácido cloroetil fosfónico. Revista Fitotécnica Mexicana, 31(002):141-147.

Unites States of America. Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C). Officials Methods of Analysis of A.O.A.C. International. 16 ed. Washington D.C. (USA): 1997, Método 981.12/90 de la A.O.A.C.

Aplicación de Pulsos de Vacío en la Osmodeshidratación de Mango Verde con Soluciones Ternarias

Application of Vacuum Pulse on Osmodehydration of Unripe Mango with Ternary Solutions

Andrea Molina Cortés¹; Alfredo Adolfo Ayala- Aponte²; Ángela María Ormaza Zapata³

1 Magister Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia. andreamc26@yahoo.com

2 Docente Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

3 Docente Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. angela.ormaza@ucaldas.edu.co

Resumen. Se evaluó la influencia de pulsos de vacío sobre las cinéticas de deshidratación osmótica (DO) de muestras de mango verde tratadas con soluciones ternarias (ST). La DO se realizó con ST de 40°Brix de sacarosa (Sa) y 0, 3 y 6% de cloruro de sodio (NaCl). Las cinéticas de DO mostraron que las mayores concentraciones de NaCl en las soluciones ternarias incrementaron la pérdida de agua (WL), la reducción de peso (WR) y la ganancia de solutos (SG) en las muestras de mango verde.

Palabras clave: Difusión, cinética, sacarosa, cloruro de sodio, ósmosis, presión.

Abstract. The influence of vacuum pulses in osmotic dehydration (OD) of unripe mango samples treated with osmotic ternary solutions (OST) on the dehydration kinetics was assessed. The OD was applied with OST with sucrose (Sa) at 40% and sodium chloride (NaCl) at 0.3 and 6.0%. Dehydration kinetics obtained showed that higher concentrations of NaCl in the ternary solutions increased water loss (WL), the weight reduction (WR) and the gain of solutes (SG) in samples of unripe mango.

Key words: Diffusion, kinetics, sucrose, sodium chloride, osmosis, pressure.

INTRODUCCIÓN

El mercado del mango verde en fresco ha tenido una aceptación en ascenso que está asociada a la incorporación de sal para realzar el sabor de la fruta con un impacto positivo en su calidad sensorial. La aplicación de pulsos de vacío con restitución posterior de la presión atmosférica en los procesos osmóticos, favorece la velocidad de transferencia de masa por acción del mecanismo hidrodinámico que, a diferencia del mecanismo difusional, extrae el aire ocluido en los compartimientos de la matriz vegetal, aumentando la superficie de contacto sólido-líquido durante el proceso de osmodeshidratación (Fito *et al.*, 1994; Fito *et al.*, 2001). El estudio cinético acompañado de los balances de materia dan explicación sobre la eficiencia del proceso y de la transferencia de material vegetal a la solución osmótica, respectivamente (Ayala *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar pulsos de vacío sobre las cinéticas de DO (WL, SG y WR) de muestras de mango verde en soluciones ternarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon mangos verdes (*Mangifera indica* L. Var. Filipino) con estado de maduración entre 6 y 9°Brix. Se cortaron en rebanadas paralelas a la semilla para obtener cilindros de 15 mm de diámetro y 15 mm de altura. Las muestras se deshidrataron en ST de 40% de Sa con 0, 3 y 6,0% de NaCl a 30°C con agitación a 800rpm; la relación fruta: ST fue de 1:20 (p/p). Se aplicó un pulso de vacío (DOPV) de 80 kPa durante 7 min al inicio del proceso, y posteriormente se restituyó la presión y se continuó con el proceso a presión atmosférica. A diferentes tiempos de DO (15, 30, 60, 90, 180, 240 y 300 min) se determinaron la reducción de peso (WR), pérdida de agua (WL) y ganancia de solutos (SG) de las muestras, con base en su peso (m), contenido de humedad (x_w) y concentración de sólidos solubles (x_s), de acuerdo a las Ecuaciones 1, 2 y 3 respectivamente.

$$WR = \frac{(m_t - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$WL = \frac{(m_t x_{wt}) - (m_0 x_{w0})}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

$$SG = \frac{(m_t x_{st}) - (m_0 x_{s0})}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

Los subíndices 0 y t se refieren respectivamente a la condición evaluada en fruta fresca y después de un tiempo t de inmersión en las ST. x_s se calculó mediante la Ecuación 4. Se comprobaron los balances de materia en todos los tratamientos mediante la Ecuación 5. Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANOVA y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias con el programa estadístico PASW Statistics 18 (SPSS Inc.).

$$x_s = \frac{Brix \cdot x_w}{100 - Brix} \quad (4)$$

$$WR = WL + SG \quad (5)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de WR, WL y SG en muestras de mango verde sometidas a diferentes tratamientos osmóticos se muestra en la Figura 1. Los resultados mostraron que la utilización simultánea de NaCl y Sa en las ST incrementaron el transporte de agua desde el interior de la fruta hacia el medio circundante en todos los tiempos del proceso. Resultados similares se han reportado en diferentes vegetales con DO (Tonon *et al.*, 2007). Este comportamiento reveló un efecto sinérgico de ambos solutos que logra desarrollar un potencial osmótico más alto que el de la solución binaria (Sa-40°Brix) (Singh *et al.*, 2007). De acuerdo a Sacchetti *et al.*, (2001) el potencial químico de las soluciones ternarias aumenta con el incremento de la concentración de los solutos. En consecuencia, con la adición de sal se logra un mayor gradiente de presión

osmótica que acelera las cinéticas de deshidratación (Tonon *et al.*, 2007). Por otro lado, en todos los tratamientos se encontró que la SG se favoreció cuanto mayor fue el aporte de NaCl en el entorno. En todos los tratamientos se aprecia la pérdida de peso durante la DO, evidenciándose que con el aumento de la concentración de sacarosa y NaCl se incrementa WR. Para verificar las mínimas pérdidas de materia durante el proceso de DO, se presenta en la Figura 2 la relación entre WR y (WL+SG) (balance de materia

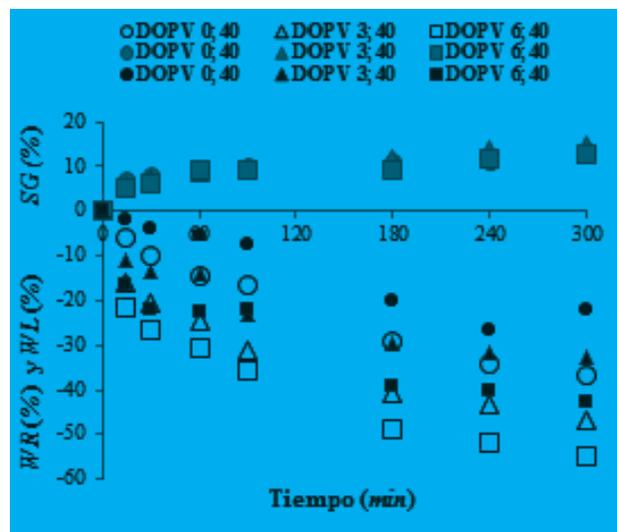


Figura 1. Cinéticas de WR (marcas negras), WL (marcas blancas) y SG (marcas grises) de mango verde con DOPV en ST (NaCl y Sa).

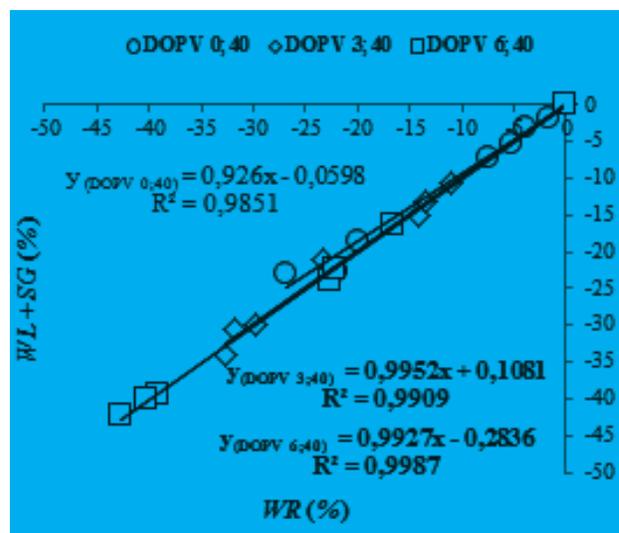


Figura 2. Balance de materia para todos los estudios cinéticos en muestras de mango verde con DOPV en ST (NaCl y Sa).

de la Ecuación 5). Las pendientes de las rectas ajustadas a los puntos experimentales presentaron valores cercanos a 1 en los diferentes tratamientos y los valores de R2 oscilaron entre 0,9851 y 0,9987. Estos valores demuestran la confiabilidad de los datos experimentales durante el proceso osmótico (Ayala *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

El estudio cinético de muestras de mango verde (*Mangifera indica* L. Var. Filipino) deshidratadas osmóticamente con ST mostró que a mayores concentraciones de NaCl se incrementaron WL, SG y WR. Estos resultados revelan el efecto sinérgico entre los solutos Sa y NaCl con un potencial osmótico más alto que el de la solución binaria (Sa-40°Brix), el cual sería una alternativa de conservación de muestras de mango verde.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, A.A., C.J. Giraldo y L. Serna. 2010. Cinéticas de deshidratación osmótica de pithaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Interciencia* 35(7): 539-544.
- Fito, P. and R. Pastor. 1994. On some non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering* 21(4): 513-519.
- Fito, P., A. Chiralt, J.M. Barat, A. Andrés, J. Martínez and N. Martínez. 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*. 49(4): 297-302.
- Sacchetti, G., A. Gianotti and M. Dalla Rosa. 2001. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*. 49(2-3): 163-173.
- Singh, B., A. Kumar and A.K. Gupta. 2007. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *Journal of Food Engineering*. 79(2): 471-480.
- Tonon, R.V., A.F. Baroni and M.D. Hubinger. 2007. Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: Influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. *Journal of Food Engineering*. 82(4): 509-517.

Absorción de Aceite y Difusividad Térmica en el Freído por Inmersión de Yuca ICA-Costeña

Oil Absorption and Thermal Diffusivity of ICA-Costeña cassava in deep fat frying

Fabián Alberto Ortega Quintana¹, Víctor Javier González Peña² y Marlon David Vizcaíno Pacheco³

¹ Estudiante de Doctorado en Ingeniería: sistemas energéticos, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Minas. ingenierofabianortega@gmail.com

² Egresado del programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, sede Berástegui: victorgonzalez.0822@gmail.com

³ Egresado del programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, sede Berástegui: marlonvizcaino@gmail.com

Resumen. La absorción de aceite ocurrida en el freído por inmersión de yuca ICA-costeña y la difusividad térmica fueron evaluadas. Discos de 3,5 cm de diámetro y 1,3 mm de espesor en una relación de 0,005 kg muestra*L-1 de aceite y cilindros de 1,7 cm de diámetro y de 17 cm de longitud fueron procesados por inmersión en aceite de palma a 140°C, 160°C y 180°C. Los contenidos de aceite se determinaron por Soxhlet y la temperatura con termopares TC-01 USB-National Instrument. El contenido de aceite absorbido en el equilibrio estuvo entre 0,246 y 0,283 g de aceite*g-1 de sólidos y las velocidades específicas entre 8,88x10-3 y 40,42x10-3 s-1 y la difusividad térmica estuvo entre 1,965 x10-7 y 2,945 x10-7 m2s-1.

Palabras clave: Coeficiente convectivo, conductividad térmica, transferencia de masa, transferencia de calor.

Abstract The oil absorption occurred in deep fat frying of ICA-costeña cassava and thermal diffusivity were evaluated. Slices of 3.5 cm in diameter and 1.3 mm thick at a ratio of 0.005 kg of sample*L-1 of oil and cylinders 1.7 cm in diameter and 17 cm in length were processed by immersing in palm oil at 140°C, 160°C and 180°C. Oil content was determined by Soxhlet and temperature with thermocouples TC-01 USB-National Instrument. The content of absorbed oil in the equilibrium was between 0.246 and 0.283 g of oil*g-1 of solid and the specific velocities

between 8.88×10^{-3} and 40.42×10^{-3} s⁻¹, and the thermal diffusivity was between 1.97×10^{-7} and 2.95×10^{-7} m²s⁻¹.

Key words: convective coefficient, thermal conductivity, mass transfer, heat transfer.

INTRODUCCIÓN

El freído es una operación de cocción de alimentos por inmersión en aceite, en la que se involucra simultáneamente la transferencia de masa y calor, cambios químicos y estructurales con eventual expansión o contracción de volumen (Sahin y Sumnu, 2009). A través de modelos matemáticos se pueden estimar los parámetros cinéticos ocurridos durante el freído, he aquí algunos de los más utilizados: 1) Modelo matemático de transferencia de calor en estado no estacionario para cilindro infinito: la solución de la ecuación diferencial de transferencia de calor en estado no estacionario para un cilindro finito es (Erdođdu, 2005):

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{2}{\lambda_n} \frac{J_1(\lambda_n)}{J_0^2(\lambda_n) + J_1^2(\lambda_n)} J_0\left(\lambda_n \frac{r}{R}\right) e^{(-\lambda_n^2 Fo)} \right] \quad (1)$$

Donde: Fo: número de Fourier ($Fo = \alpha t / R^2$), R: radio del cilindro, t: tiempo de freído, T_{∞} : temperatura del aceite de freído, T_i : temperatura inicial del cilindro, α : difusividad térmica y son las raíces de

$$Bi = \lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)}$$

donde Bi es el número de Biot ($Bi = h \cdot R / k$), h: coeficiente convectivo de calor, k: conductividad térmica del sólido, y J_0 y J_1 son las funciones de Bessel de orden cero y de orden uno, respectivamente. Para $Fo > 0.2$, usando sólo el primer término de la ecuación (1) provee resultados suficientemente precisos (Erdođdu, 2005). 2) Modelo matemático de absorción de aceite: El modelo cinético propuesto por Krokida *et al.* (2000) es uno de los más utilizados:

$$O = O_{eq} (1 - e^{-Kt}) \quad (2)$$

Donde O es el contenido de aceite en el tiempo t (en base seca), O_{eq} es el contenido de aceite en el equilibrio (en base seca) al tiempo $t = \infty$, K representa la velocidad específica de absorción.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la difusividad térmica y la cinética de absorción de aceite ocurridos en el freído por inmersión de rodajas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad ICA-costeña sometidas a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La yuca variedad "ICA-costeña" fue suministrada por CORPOICA (Montería, Córdoba). Para determinar el aceite absorbido la

yuca se cortó en discos de diámetros de $3,5 \pm 0,03$ cm y $1,308 \pm 0,05$ mm de espesor y para determinar la difusividad térmica la yuca se cortó en cilindros de 1,7 cm de diámetro y de 17 cm de longitud. Las muestras fueron freídas por inmersión en aceite de palma CARIBE® (producido por FAMAR) en una freidora marca DUPREÉ (controlador de temperatura de ± 1 °C) de 2 L de capacidad. Dependiendo del objetivo que se buscaba se realizó el siguiente procedimiento: 1.) Para la absorción de aceite: se usó una relación de 0,005 kg de yuca por litro de aceite. Las rodajas fueron freídas hasta un contenido final de humedad de 1% en base seca. Como Factor fue tomado la temperatura del aceite de freído (140°C, 160°C y 180°C) y la variable de respuesta fue el contenido de aceite (g aceite * g⁻¹ de sólidos secos) evaluado por el método de extracción Soxhlet (AOAC, 1984). Se realizaron regresiones no lineales con significancia del 5% y se evaluaron los residuos y R² con Statgraphics Centurion XV. 2.) Para la transferencia de calor: la temperatura en el interior de la muestra cilíndrica fue medida con termopares tipo TC-01 USB-NATIONAL INSTRUMENT conectados a interfaz de Labview®, los cuales se insertaron en el centro del cilindro de forma radial (tiempo de muestreo de 1 segundo). Como Factor fue tomado la temperatura del aceite de freído (140°C, 160°C y 180°C) y la variable de Respuesta fue la temperatura del centro térmico del cilindro. Se realizaron regresiones lineales con significancia del 5% y se evaluaron los R² usando Statgraphics Centurion XV. La ley de Fourier para cilindros infinitos truncada en el primer término ($Fo > 0.2$) se usó para estimar la difusividad térmica de la yuca y el valor de h, que necesitó de la estimación de la conductividad térmica de la yuca por el modelo de Choi y Okos (1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinética de absorción de aceite: La Tabla 1 muestra los parámetros del modelo cinético de primer orden. Los valores de las velocidades específicas (K) incrementan con el aumento de la temperatura de freído y el contenido de aceite en el equilibrio (O_{eq}) disminuye cuando la temperatura del aceite aumenta, lo cual está de acuerdo con Moyano y Pedreschi (2006).

Difusividad térmica y coeficiente convectivo de transferencia de calor: La Tabla 2 muestra los valores obtenidos de la difusividad térmica; el modelo de Fourier describe satisfactoriamente la transferencia de calor en el proceso de freído. En la ecuación (3) se evidencia el comportamiento lineal que tiene α con respecto a la temperatura del aceite de freído, este comportamiento coincide con resultados de otras investigaciones (Baïri *et al.*, 2007).

En la ecuación (4) se muestra el modelo de h, el cual aumenta al aumentar la temperatura del aceite de freído con tendencia lineal y está de acuerdo con otros estudios (Sahin *et al.*, 1999a; Sahin

et al, 1999b; Farinu y Baik, 2007). Los valores de h obtenidos se encuentran dentro del rango reportado (90-200 W/m²°C) por Sahin *et al.* (1999a), Budžaki y Šeruga (2004) y Yildiz *et al.* (2007).

$$\alpha = 2,450 \times 10^{-9} * T(^{\circ}\text{C}) - 1,465 \times 10^{-7} \text{ (m}^2\text{s}^{-1}\text{)}, (R^2 = 0,9999) \text{ (3)}$$

$$h = 1,039 * T(^{\circ}\text{C}) - 50,24 \text{ (Wm}^{-2}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}, (R^2 = 0,9999) \text{ (4)}$$

Tabla 1. Parámetros de modelo cinético de primer orden.

T (°C)	O _{eq}	K x 10 ³ s ⁻¹	R ²
140	0,2830±0,0069	8,88±0,0006	0,984
160	0,2751±0,0028	23,70±0,0011	0,994
180	0,2456±0,0033	40,42±0,0023	0,981

Tabla 2. Difusividad térmica de yuca

T (°C)	α x 10 ⁷ m ² s ⁻¹	R ²
140	1,965±0,102	0,966
160	2,456±0,04	0,994
180	2,945±0,085	0,987

CONCLUSIÓN

La absorción de aceite en el equilibrio aumenta al disminuir la temperatura y la difusividad térmica de la yuca incrementa con la temperatura del aceite de freído de forma lineal al igual que el coeficiente de transferencia de calor.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1984. AOAC official method 7.062. Official methods of analysis of AOAC international. The Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD. Bairi, A., N. Laraqi, and J. García de María. 2007. Determination of thermal diffusivity of foods using 1D Fourier cylindrical solution. *Journal of Food Engineering* 78: 669-675.
- Budžaki, S. and B. Šeruga. 2004. Determination of convective heat transfer coefficient during frying of potato dough. *Journal of Food Engineering* 3:307-314.
- Choi, Y., and R. Okos. 1987. Effects of Temperature and Composition on the Thermal Properties of Foods. *Food Engineering and Process Applications* 1: 93-101.
- Erdogdu, F. 2005. Mathematical approaches for use of analytical solutions in experimental determination of heat and mass transfer parameters. *Journal of Food Engineering* 68: 233-238.
- Farinu, A. and O. Baik. 2007. Heat transfer coefficients during deep fat frying of sweetpotato: effects of product size and oil temperature. *Food Research International* 40: 989-994.
- Krokida, M., V. Oreopoulou, Z. Maroulis and D. Marinou-Kouris. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering* 44: 39-46.
- Moyano, P. and F. Pedreschi. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 39: 285-291.
- Sahin, S., S. Sastry and L. Bayindirli. 1999a. The determination of convective heat transfer coefficient during frying. *Journal of Food Engineering* 39: 307-311.
- Sahin, S., S. Sastry and L. Bayindirli. 1999b. Heat transfer during frying of potato slices. *LWT- Food Science and Technology* 32: 19-24.
- Sahin, S. and S. Sumnu. 2009. *Advances in deep-fat frying of foods*. CRC Press Taylor & Francis Group, New York, pp. 81-113.
- Yildiz, A., T. Palazoglu, and F. Erdogdu. 2007. Determination of heat and mass transfer parameters during of potato slices. *Journal of Food Engineering* 79: 11-17.

Comportamiento de un Recubrimiento Comestible Emulsionado para Prolongar la Vida Útil de la Mora de Castilla (*Rubus Glaucus Benth*)

*Behavior of an Emulsified Edible Coating to Prolong Blackberry (*Rubus Glaucus Benth*) Shelf Life*

Alexa Patricia Quiñones Guarnizo¹; Juan Pablo Quintero-Cerón²; Daniel Alexander Méndez Reyes³; Yanneth Bohórquez Pérez⁴ y Claudia Patricia Valenzuela Real⁵

¹ Estudiante de pregrado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. alexapat1916@gmail.com

² Estudiante de maestría, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. jpquintero@ut.edu.co

³ Investigador asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima Sede Ibagué. damendezre@ut.edu.co

⁴ Profesor asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. ybohorq@ut.edu.co

⁵ Profesor asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Sede Ibagué. cpvalenz@ut.edu.co

Resumen. Se aplicó un recubrimiento comestible en frutos de Mora de Castilla; divididos en tratamientos (T1: Control, T2 1,5 % quitosano, 0,2% alginato, 0,2% glicerol, T3 1,5% quitosano, 0,2 % alginato, 0,2 % glicerol, 0,08 % cera de carnauba, T4 0,5% quitosano, 0,2% alginato, 0,2% glicerol, T5: 0,5% quitosano, 0,2% alginato, 0,2% glicerol, 0,08% cera de carnauba) almacenados por 12 días a 3±1 °C y 65-85%

HR. Examinando pH, acidez, sólidos solubles totales, pérdida de peso, fenoles totales, antocianos monoméricos totales y capacidad antioxidante. Los resultados evidenciaron que los recubrimientos tienen un efecto positivo sobre la calidad del fruto, reduciendo la pérdida de masa desde un 13,21 a 11,45%; además presentaron excelente actividad antioxidante.

Palabras claves: Quitosano, fruto, fisicoquímicas, poscosecha, cera de carnauba.

Abstract. An edible coating was applied to fruits of Mora of Castilla, divided by treatments (T1: Control, T2: 1.5 % chitosan, 0.2 % alginate and 0.2 % glycerol, T3: 1.5 % chitosan, 0.2% alginate, 0.2 % glycerol and 0.08 % of carnauba wax, T4: 0.5 % chitosan, 0.2 % alginate and 0.2 % glycerol, T5: 0.5 % chitosan, 0.2 % alginate, 0.2 % glycerol and 0.08 % carnauba wax) stored for 12 days at $3 \pm 1^\circ \text{C}$ and 65-85 % RH. pH, acidity, total soluble solids, weight loss and total phenols, total monomeric anthocyanins and antioxidant capacity were tested. The results showed that the coatings have a positive effect on fruit quality, reducing the loss of mass from 13.21 to 11.45%, also exhibit excellent antioxidant activity.

Keywords: Chitosan, fruit, physicochemical, postharvest, carnauba wax.

INTRODUCCIÓN

La mora de castilla es un fruto no climatérico con actividad antioxidante, alto contenido de vitaminas y minerales; pero se afecta fácilmente por labores de cosecha y pos cosecha que repercuten en altas pérdidas, fermentación y crecimiento de mohos como *Botrytis cinérea* (Ayala *et al.*, 2013). Promoviendo la búsqueda de recubrimientos comestibles (RC) a base de compuestos renovables y bioactivos como polisacáridos, proteínas y lípidos (Velickova *et al.*, 2013). El quitosano, polisacárido biodegradable con propiedades antimicrobianas (Oliveira *et al.*, 2012), el alginato es un polisacárido constituido por sales del ácido alginico, con propiedad de gelificación y agente encapsulante (Olivas *et al.*, 2007). Cera de carnauba compuesto hidrófobo para reducir la difusión de humedad, especialmente por su alto punto de fusión (Velickova *et al.*, 2013). El objetivo fue evaluar la aplicación tecnológica de un bioempaquete y su efecto fisicoquímico y bioactivo en la mora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Frutos de mora (NTC 4106, 1997). Higienizados con ácido salicílico 1 mmol/L en agua, por 2 min (Balabar *et al.*, 2007) secados a $21 \pm 0,2^\circ \text{C}$. Se prepararon 2 soluciones de alginato de sodio al 0,4 % (w/v) una de ellas con 0,08% (w/v) de cera de carnauba, llevando su temperatura a 90°C posteriormente se adicionó quitosano al 0.5% (w/v) y tween 80 (0,25g tween/g cera de carnauba), se homogenizó por 10 min a 21500 rpm (UltraTurrax IKA, T25 basic, Genesys), a 90°C , se aplicó la emulsión al fruto en inmersión (30 s), posteriormente se secó y almacenó a $3 \pm 1^\circ \text{C}$ y 65–85% HR durante 12 días en contenedores (PET) perforados en la tapa.

Variables analizadas. Pérdida de peso: Por el método gravimétrico Olivas *et al.*, (2007) durante cada día de la prueba. Parámetros fisicoquímicos: Tomados los días 1, 3, 6, 9 y 12 como pH, acidez titulable, contenido de sólidos solubles totales (SST) con la metodología descrita por Ayala *et al.*, (2012). Antocianos monoméricos totales (AMT) por espectrofotometría (Genesys 105 UV-VIS, Thermo Scientific) de Kuskoski *et al.* (2004) expresado en mg equivalente cianidina-3-glucosido (mgEQV-Cy-3-glu)/100 g de fruto fresco (FF). Los Fenoles totales (FT) por Folin-coicalteu con espectrofotómetro (Helios Y, Termo Scientific) Kuskoski *et al.*, (2004), expresado en mg equivalente-ácido gálico (mgEQV-AG)/100 g FF. La actividad antioxidante (AA) con ABTS+ Kuskoski *et al.*, (2004), expresado en mg equivalente-ácido ascórbico (mg EQV-AA)/ 100 g FF) con espectrofotómetro (Genesys 105 UV - VIS Termo Scientific). Los datos obtenidos por triplicado fueron analizados por ANOVA y LSD con Statgraphics centurión XV versión 15.2.06.

RESULTADOS

El porcentaje de pérdida de peso (%PP), (Figura 1) aumentó para el control (T1) en 13,21% hasta el día 12, mientras que los recubiertos redujeron la pérdida de agua significativamente ($P < 0,05$) con valores que varían de 11,79 a 11,45%, resaltando a T5 que redujo 1,75% PP respecto al control. Mostrando una barrera efectiva a la deshidratación y contracción del fruto con la cera de carnauba y el quitosano (Velickova *et al.*, 2013).

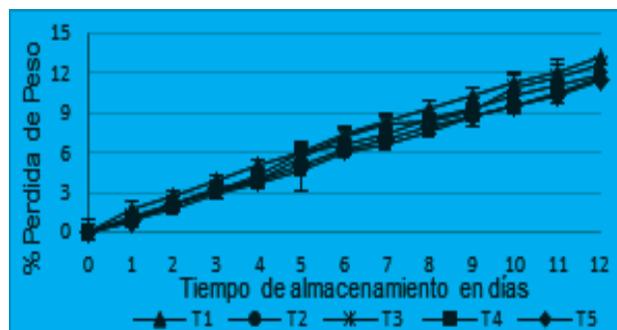


Figura 1. Transpiración en mora de castilla con y sin RC en función del tiempo a $3 \pm 1^\circ \text{C}$.

El pH mostró aumento significativo durante los 12 días ($P < 0,05$), este incremento es atribuido a una leve variabilidad en niveles de madurez de frutos individuales y al análisis de tratamientos independientes en todos los muestreos (Ayala *et al.*, 2013). La acidez titulable, disminuyó

($P < 0,05$) en los frutos de todos los tratamientos, debido al menor consumo de ácidos orgánicos usados como sustrato en la respiración y al estrés que efectúa el RC sobre el fruto (Oliveira *et al.*, 2012). Igualmente los SST y el grado de madurez, fueron inferiores desde el día 3 hasta el día 9 en T5; efecto relacionado con la menor pérdida de peso, concentración de azúcares y respiración por efecto del componente lipídico del RC (Velickova *et al.*, 2013).

Los AMT registraron diferencia significativa ($P < 0,05$) entre tratamientos los 12 días de almacenamiento. Con un incremento de 44,61 a 109,38 mgEQV-Cy-3-glu/100g de FF, atribuido a la maduración y efecto del RC; sin embargo desde el día 9 T2 y T5 son constantes, posiblemente por oxidación enzimática, presencia de compuestos polifenólicos no antocianos e interacción con el ácido ascórbico (Sánchez, 2012). Los FT tuvieron aumento significativo ($P < 0,05$) entre tratamientos con valores de 719.08 mg AG/100 g FF en T2. Con descenso el día 9 debido a la oxidación de compuestos fenólicos por la polifenoloxidasas y peroxidasa (Duan *et al.*, 2011). La capacidad antioxidante, (Figura 2.) reportó diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$); con valores entre 422,82 a 656,5 mg EqvAA/100 g FF; atribuido al grado de pigmentación y contenido fenólico (Sánchez, 2012).

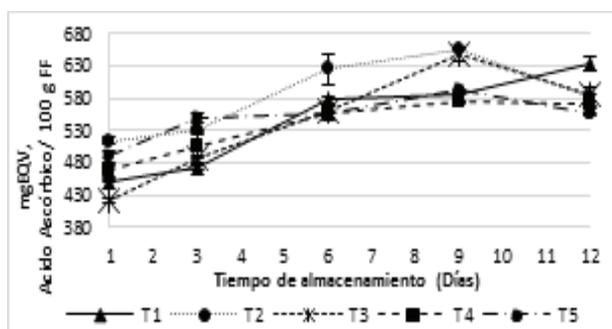


Figura 2. Capacidad antioxidante en la mora de castilla con y sin RC a 3 ± 1 °C.

CONCLUSIONES

Los RC ofrecen un efecto positivo al fruto evitando el deterioro fisicoquímico, pérdida de peso y mantienen la composición bioactiva durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, L., C. Valenzuela y Y. Bohórquez. 2012. Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio e iones de calcio sobre la calidad de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae* 19(1): s129-s131.
- Ayala, L., C. Valenzuela y Y. Bohórquez. 2013. Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de castilla (*Rubus Glaucus* Benth). *Revista Scientia Agroalimentaria* 1: 39-44.
- Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei and A. Khosroshahi. 2007. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food chemistry* 105: 449-453.
- Duan, J., R. Wu, B. C. Strik and Y. Zhao. 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest biology and technology* 59(1): 71-79.
- Kuskoski, E., A. Asuero, A. García, A. Troncoso y R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology (Campinas)* 25(4): 726-732.
- Olivas, G., D. Mattinson and G. Barbosa. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed Gala apples. En: *Postharvest biology and technology* 45 (1): 89-96.
- Oliveira, D., A. Kwiatkowski, C. Rosa and E. Clemente. 2012. Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp.) conservation. *Journal of Food Science and Technology* 1-7.
- Sánchez, E. 2012. Estudio del potencial antioxidante de la mora (*Rubus glaucus* Benth) y sus cambios en función del proceso de maduración y bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. (Tesis de maestría). UNAL.
- Velickova, E., E. Winkelhausen, S. Kuzmanova, V. Alves and M. Moldão. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology* 52: 80-92.

Rendimientos en Carcasas y Filetes de Cuatro Especies Cultivadas en el Departamento del Meta, Colombia

Carcasses and Fillets Yields of Four Species Cultivated in the Department of Meta, Colombia

Andrea Paola Rodríguez Triviño¹, Walter Iván Gutiérrez Sánchez²,
Jairo Humberto López Vargas³, Héctor Suarez Mahecha³

¹ Magister M.Sc.(c) en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 No 45-03, Bogotá, Colombia. aprodrigueztr@unal.edu.co

² Est. Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá D.C., Colombia.

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA. Bogotá D.C., Colombia.

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar los rendimientos en carcasa (%RC) y filete sin hueso (%FSH) de cuatro especies cultivadas en Colombia: Bocachico, Cachama, Tilapia y Yamú, utilizando 267 peces para las cuatro especies. El mayor %RC y %FSH lo presentó la especie Yamú (*Brycon amazonicus*) con $73,00\% \pm 3,83$ y $55,3\% \pm 1,7$ respectivamente. La Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fue la especie que presentó los porcentajes más bajos en %RC y %FSH con $57,70\% \pm 3,81$ y $37,80\% \pm 3,90$ respectivamente. El yamú tiene gran potencial para su comercialización en filetes, mientras que la tilapia analizada en este caso, debe considerarse para procesos de transformación debido a sus bajos rendimientos en filete.

Palabras clave: fileteado, especies ícticas, rendimiento, procesamiento.

Abstract. The aim of this study was to determine carcass and fillets yields of four fish species cultivated in Colombia: Bocachico, Cachama, Tilapia and Yamú, using for this purpose 267 fish for the four species. The higher %YC and %PF submitted it species Yamú (*Brycon amazonicus*) with $73.00\% \pm 3.83$ and $55.3 \pm 1.7\%$ respectively. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) was the species that presented the lowest percentages in %YC and 57.70% with $PF \pm 3.81$ and $37.80 \pm 3.90\%$ respectively. Yamú had higher yields and Tilapia had lower performance than the others and it must be considered for transformation processes.

Keys words: Carcass, fish species, yield, processing.

INTRODUCCIÓN

La cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) puede presentar mayores rendimientos en la porción comestible con respecto al peso total y variabilidad al evaluar los rendimientos. Lográndose valores en rendimiento del 86,8% en un rango de 0,8-1,0 kg de peso (Useche y Hurtado, 1993). El yamú (*Brycon amazonicus*)

alcanza de 0,7 kg a 1 kg/año y 1,3 kg a 1,6 kg en el segundo año (Mendonça *et al.*, 1993). Sin embargo, hay pocos estudios relacionados con la composición corporal después de la cosecha. La Tilapia (*Oreochromis niloticus*) llega a valores inferiores al 42% de rendimiento en filete (Diodatti *et al.*, 2008). El bocachico (*Prochilodus magdalenae*) alcanza un tamaño de 50 cm y un peso máximo de 3 kg. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los porcentajes de rendimientos en carcasa y en filete de cuatro especies: *P. brachyomus*, *B. amazonicus*, *O. niloticus* y *P. magdalenae* debido a que hay pocos estudios que aporten estos datos para especies cultivadas en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 50 kg de las especies: bocachico (*P. magdalenae*), cachama (*P. brachyomus*), tilapia (*O. niloticus*) y yamú (*B. amazonicus*) obtenidos de la Asociación de Acuicultores de los Llanos Orientales ACUIORIENTE (Tabla 1), siendo los animales diseccionados en la planta de carnes del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Tabla 1. Peso promedio para cada especie.

Especie	Peso Promedio (g)	Numero de muestra (n)
Bocachico	911 ± 238	30
Cachama	451 ± 66	112
Tilapia	516 ± 200	80
Yamú	962 ± 124	45

Los animales fueron diseccionados manualmente según la metodología de Guedes *et al.* (2003). Se determinó el peso total, el peso en carcasa (PC), el peso de vísceras, el peso de aletas y el peso de cabeza. Obteniéndose el rendimiento en carcasa (%RC) y el rendimiento en filete sin hueso (%FSH) con respecto al peso del pescado entero, según las siguientes formulas:

%RC= peso total -(peso vísceras + peso aletas + peso cabeza)

%FSH= %RC – % hueso (espina dorsal y costillas)

Para el análisis estadístico de los datos se realizó una comparación de medias (Prueba de Scheffe) utilizando el programa SAS SYSTEM 9.2 version 6.1.7601 del año 2002-2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos de los rendimientos en subproductos generados en el procesamiento y adecuación de los pescados se muestran en la tabla 2.

En la Tabla 3 se presentan los datos de rendimiento en carcasa y en filete sin hueso.

Tabla 2. Porcentajes respectivos al peso promedio de cabeza, vísceras, aletas y hueso para cada especie.

Especie	% Cabeza	% Vísceras	%Aletas	% Hueso
Bocachico	20,64 ± 2,95	6,25 ± 1,55	7,11 ± 1,28	11,53 ± 1,59
Cachama	23,33 ± 1,76	8,41 ± 1,26	1,22 ± 2,15	14,12 ± 3,07
Tilapia	29,78 ± 2,60	6,31 ± 1,33	10,26 ± 1,80	9,45 ± 1,30
Yamú	13,76 ± 1,26	7,19 ± 1,06	7,19 ± 1,40	11,58 ± 1,26

Tabla 3. Rendimiento en carcasa (%RC) y rendimiento en filete sin hueso (%FSH).

	Yamú (n=45)	Cachama (n=112)	Bocachico (n=30)	Tilapia (n=80)
%Rendimiento en carcasa	73,00 ^a	60,50 ^b	59,60 ^{ab}	57,70 ^c
%Filete sin hueso	55,32 ^a	39,84 ^b	39,34 ^b	37,83 ^b

Superíndices diferentes en cada fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se observó que la especie con mayores rendimientos fue Yamú en %RC y %FSH con $73,00\% \pm 3,83$ y $55,30\% \pm 7,01$ respectivamente, mostrando una diferencia significativa con la especie Tilapia que muestra menores rendimientos con $57,70\% \pm 3,81$ y $37,80\% \pm 3,90$ respectivamente, valores similares a los obtenidos por Rojas-Runjaic *et al.* (2011), quienes encontraron valores en carcasa para *O. niloticus* que fluctuaron de 59,13% a 63,69% y Souza and Maranhão (2008) reportaron valores de 36,84% para rendimiento en filete en *O. niloticus*, también Itabirano (2006) en filete encontró para *Oreochromis spp.* un valor promedio de 31%.

Los rendimientos encontrados en la especie Yamú (*B. amazonicus*) fueron superiores a los encontrados por Guedes *et al.* (2003) para el *Brycon cephalus* quienes obtuvieron rendimientos de 65,67% en carcasa y 36,61%

en filete, los valores promedios obtenidos en rendimiento de carcasa por Macedo-Viegas *et al.* (2008) fueron del 76,92%.

CONCLUSIONES

El yamú tiene gran potencial para su comercialización en filetes, mientras que la tilapia analizada en este caso, debe considerarse para procesos de transformación debido a sus bajos rendimientos en filete.

BIBLIOGRAFÍA

Diodatti, F.C., T.A. Freato, P. Ribeiro y L. Murgas. 2008. Parámetros morfométricos en el rendimiento de los componentes corporales de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). In Anales de veterinaria de Murcia, Ediciones de la Universidad de Murcia. 24: 45-55.

Itabirano, R.A. 2006. Rendimiento industrial de filetagem da tilapia tailandesa (*Oreochromis spp.*). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootenia. 58(2): 257-262.

Macedo-Viegas, E.M., C. Scorvo, R.M. Vidotti e E. Secco. 2008. Efeito das classes de peso sobre a composição corporal do rendimento de processamento de matrinxã (*Brycon cephalus*). Acta Scientiarum. Animal Sciences. 22(3): 725-728.

Méndez, Y.C., D.A. Perdomo, A. de Pasquier, D.E. García, and O.R. Valecillo. 2011. Evaluación del rendimiento en canal y del fileteado de la Cachama (*Colossoma macropomum*). Zootecnia tropical. 29(3): 361-70.

Mendonça, J., J. Senhorini, N. Fontes and O. Cantelmo.

1993. Influência da fonte protéica no crescimento do matrinxã *Brycon cephalus*, em viveiros. Boletín Técnico do CEPTA. 6(1):51-58.

Rojas-Runjaic, B., D.A. Perdomo, D.E. García, M. González-Estopiñán, Z. Corredor, P. Moratinos, and O. Santos. 2011. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producidas en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. 29(1): 113-126.

Useche, C. y H. Hurtado. 1993. Sobre la ecología de *Brycon siebenthalae* y *Mylossoma duriventris* (piscis: characidae), en el río cafre, Orinoquia. Caldasia. 17(2): 341-352.

Caracterización y Clasificación de Aceites de Oliva en Base a Condiciones de Precosecha Mediante Análisis de Componentes Principales y Orthogonal Partial Least Square (O-PLS).

Characterization and Classification of Olive Oil on Pre-Harvest Conditions Based by Principal Components Analysis and Orthogonal Partial Least Square (OR-PLS).

Jorge Saavedra^{ab,*}, Nalda Romero^c, Betsabe Sepulveda^c, Francisco Tapia^d, Andrés Córdova^a, Carolina Astudillo^a, y Lea Toledo^a

^a Escuela de Ing. de Alimentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

^b DATACHEM Agrofood: Data Analysis and Applied Chemometrics Research Group. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

^c Departamento Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

^d Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Intihuasi, La Serena, Chile. *jorge.saavedra@ucv.cl

Resumen. Uno de los productos más importantes de los que conforman la llamada la dieta mediterránea, es el aceite de oliva virgen, por sus múltiples atributos y efectos sobre la salud humana. Muchos estudios relacionan su calidad y composición química, en función de un grupo de factores como la maduración de la oliva, la variedad de cultivo, la ubicación geográfica (altitud, latitud y composición del suelo), las condiciones climáticas anuales, las prácticas agronómicas y el proceso de extracción del aceite, entre otras. El objetivo de esta investigación fue caracterizar y clasificar aceite de oliva extra virgen según la zona geográfica de producción, las prácticas agronómicas y la variedad, considerando las var. Arbequina, Koroneiki y Arbusana, de los valles de Limari y Molina (Chile). El análisis extrajo cinco componentes, los cuales explican el 84,7% de la variabilidad total. El primer componente

(53,2% de la varianza explicada) logró diferenciar según la zona geográfica (Limari – Molina), mientras que el segundo componente (12,9% de la varianza explicada) logró diferenciar las variedades evaluadas. Posteriormente, se aplicó análisis O-PLS de forma de confirmar la separación de los grupos, logrando explicar el 85,5% de varianza para la clase “Zona Geográfica”.

Palabras Claves: Aceite de Oliva, O-PLS, Clasificación

Abstract. One of the most important products that make up the so-called the mediterranean diet is the virgin olive oil, due to its multiple attributes and effects on human health. Many studies relate its quality and chemical composition, depending on a group of factors such as the maturation of the olive, crop type and variety, the geographical location

(altitude, latitude, and composition of the soil), the annual climatic conditions, the agronomic practices and the process of oil extraction, among others. The objective of this research was to characterize and classify extra virgin olive oil according to the geographical area of production, agronomic practices and variety, considering Arbequina, Koroneiki and Arbusana varieties at the valleys of Limarí and Molina (Chile). The analysis extracted five components, which explained 84.7 % of the total variability. The first component (53.2% of the explained variance) achievement differentiate depending on the geographical area (Limarí - Molina), while the second component (12.9% of the explained variance) achievement differentiate the varieties evaluated. Subsequently, O-PLS analysis was applied to confirm the separation of the groups, achieving explain 85.5 % of the variance for the class "Geographic Area". The analysis allowed ranking the importance of the variables and their contribution to the characterization and classification of the oils. The results could be used with basis for a system of authentication of oils.

Key words: Olive Oil, O-PLS, Classification

INTRODUCCIÓN

La industria chilena de aceite de oliva no ha parado de crecer tanto en volumen, calidad y prestigio, internacionalmente reconocidos. Esto debido a las características del clima tipo mediterráneo, el cual es determinante en la producción, permitiendo el extenso cultivo del olivo en el territorio nacional (Chileoliva, 2013). Esta condición ha generado una gran aparición de oferentes de aceite, los cuales deben supervigilar y controlar su calidad y bouquet. De allí que la caracterización y clasificación de aceites sea primordial de forma de establecer protocolos de control y certificación de los aceites según su calidad y origen geográfico (López-Miranda, *et al.*, 2010). En este contexto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar y clasificar aceite de oliva extra

virgen según la zona geográfica de producción, las prácticas agronómicas y la variedad, considerando las var. Arbequina, Koroneiki y Arbusana, de los valles de Limari y Molina (Chile).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consideró producto proveniente de 2 temporadas en 2 huertos de Molina Valle de Limari (zona centro-sur y zona centro-norte de Chile respectivamente), para las variedades Arbequina, Arbusana y Koroneiki. En cada huerto se registraron variables de clima, suelo, registro de manejo agronómico y evolución fenológica. Se muestreo un total de 87 muestras (en triplicado) de olivas en 6 estados de madurez por variedad y huerto, evaluando el rendimiento graso, producción y extracción de aceite, constituyendo una matriz final de 174 filas x 37 variables. En suelo se evaluó fertilidad, salinidad y parámetros físicos. En aceite se evaluó peróxidos, Espectro Ultra-Violeta (UV): K232 y K270; y color.

Con dicha matriz se aplicó Análisis de Componentes Principales (PCA) para obtener la proyección no-supervisada del patrón de variabilidad de los cultivos (Saavedra, *et al.*, 2010). Posteriormente la proyección se confirmó con Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales - Ortogonal (O-PLS), utilizando las variables "Zona" y "Variedad" como variables de clase. O-PLS es un método de proyección que permite aislar fuentes de variabilidad, concentrando en el primer factor extraído la máxima información, lo que permite mejorar la explicación de los fenómenos estudiados (Ericksson *et al.*, 2006). Para todos los cálculos se utilizó el software SIMCA-P+ 12 (Umetrics AB, Sweden, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La proyección mediante PCA extrajo un total de cinco factores que explicaron el 84,7% de la varianza total (PC1:

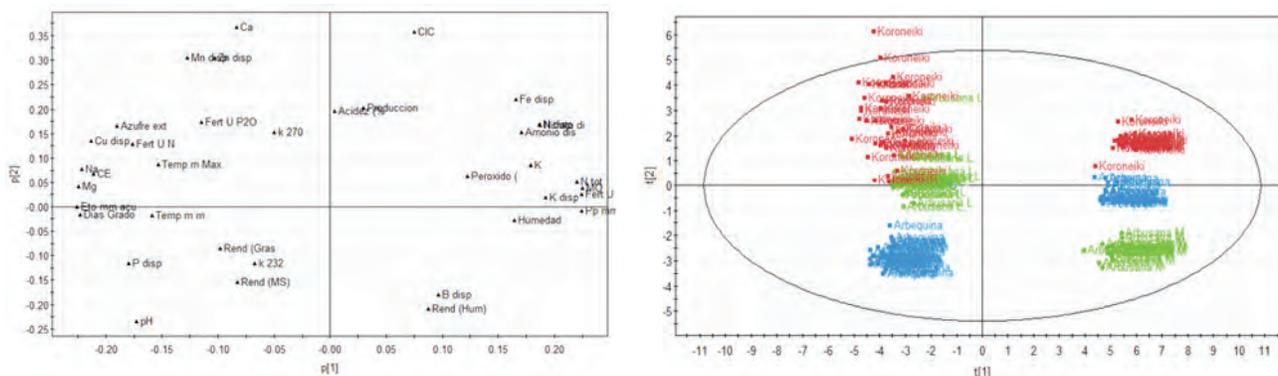


Figura 1. Loadings para PCA

53,2% y PC2: 12,9%). La Figura 1 muestra la relación de jerarquía entre las variables evaluadas y la proyección de las observaciones, destacando variables de riego (Eto), Mg, Na, Cu, CE, K, Amonio, Ntot, MO, fertilización y clima como aquellas que más variabilidad aportan al primer factor (t1). En este sentido el análisis distingue claramente por zona geográfica (izquierda – derecha), mientras que el factor 2 esta jerarquizado por las variedades evaluadas.

Posteriormente se procedió a confirmar la nube de proyección mediante O-PLS utilizando como variable de respuesta la var. Producción, la cual interesa modelar y

predecir. El modelo extrajo un factor principal ($R^2X=75,3$) y uno secundario (ortogonal) ($R^2X=0,54\%$), que en conjunto explican el 85,5% (R^2Y) del modelo predictivo. El modelo resulta significativo y presenta una jerarquía de variables que se aprecian en la Figura 2.

Al mismo tiempo, el método permitió comprender de mejor forma el rol de las variables en el fenómeno.

CONCLUSIÓN

El análisis permitió jerarquizar la importancia de las variables y su contribución a la caracterización y

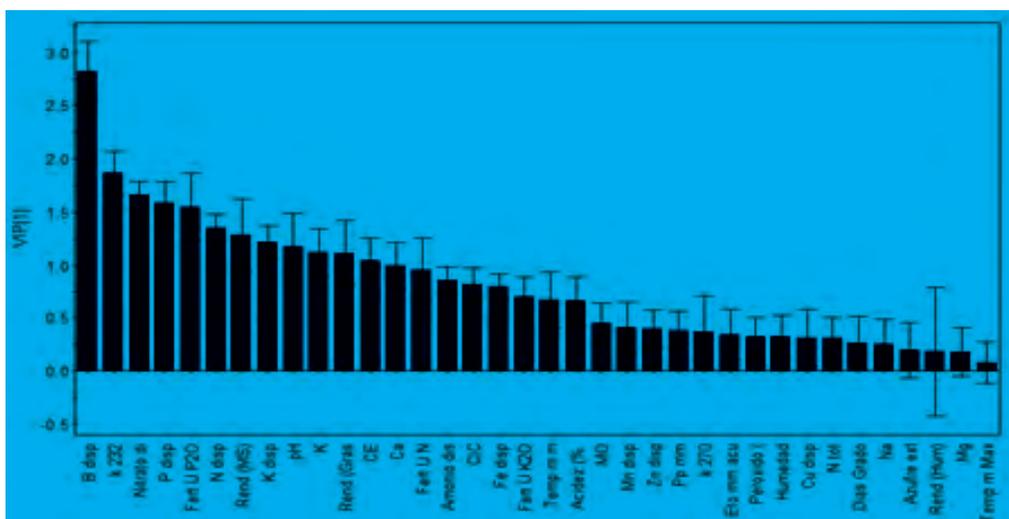


Figura 2. Jerarquía de las variables del modelo de estimación con O-PLS.

clasificación de los aceites. Los resultados se podrían utilizar con base para un sistema de autenticación de aceites.

BIBLIOGRAFIA

López-Miranda J., F. Pérez-Jiménez, E. Ros, R. De Caterina, L. Badimón and M. Covas. 2008. Olive oil and health: Summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaen and Córdoba (Spain) 2008, Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases 20, 284-294, 2010.

ChileOliva. (2013). Asociación de Productores de Aceite de Oliva (ChileOliva). <http://www.chileoliva.cl>. [2014 Enero]

FIA. (2012). Fundación para la Innovación Agraria (FIA). "Estudio Cadena de Aceituna de Mesa y su relación con la innovación". <http://www.fia.cl> [2014 Enero].

Saavedra, J., C. Fuentealba, L. Yáñez, M. Bravo, W. Quiroz, G. Lukacsy and J.M. Carot. Food Chemistry 127 (2011) 1842–1847.

Eriksson, L., E. Johansson, N. Kettaneh-Wold, J. Trygg, C. Wikstrom and S. Wold. Multi and Megavariate data analysis. Part I: Basic Principles and Applications, second ed. Umetrics AB, Sweden, 2006.

Variación del Contenido de Polifenoles, Alcaloides y Grasa en Cacao Fino de Aroma (*Theobroma cacao* L.) Proveniente de la Amazonia Ecuatoriana

Variation of Total Polyphenol, Alkaloids and Fat in Fine Aroma Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) from the Ecuadorian Amazon.

Salazar Diego¹; Yanzapanta Gabriela²; Samaniego Iván³; Espín, Susana⁴

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Av. Chasquis y Río Payamino, Ambato Ecuador CP: 180208.

¹ Ingeniero en Alimentos, M.Sc. Ciencia de los Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. dmsg1979@yahoo.es

² Ingeniera en Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.

^{3,4} Departamento de Nutrición y Calidad Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Resumen. Se analizaron muestras de almendras de cacao pertenecientes a las provincias Ecuatorianas de Orellana, Sucumbíos y Napo las cuales fueron fermentadas por 4 días y secadas al sol. El contenido promedio de grasa varía entre 47% a 50%; para el caso de polifenoles totales, se encontró que el valor promedio varía entre 40 a 70mg de ácido gálico/ gramo de cacao desengrasado; mientras que para el análisis de alcaloides se encontró que el contenido promedio de teobromina y cafeína varían entre 2,04 a 2,56% y 0,32 a 0,43%, respectivamente. Por otro lado, el análisis de la relación teobromina/cafeína demostró que la mayor parte de los materiales analizados son de tipo Trinitario, con valores que varían entre 6 a 9, y de tipo Criollo en menor cantidad con resultados que varían entre 3,0 a 5,0, demostrándose que los materiales estudiados presentan características de cacao finos.

Palabras Clave: polifenoles, alcaloides, grasa, ácido gálico, Trinitario, Criollo.

Abstract. Samples of cocoa almond from Ecuadorian provinces (Orellana, Sucumbíos and Napo) were analyzed; the samples were fermented for 4 days and sun-dried. The average of fat content presents variation between 47% to 50%, in the case of total polyphenols was found that the average content presents variation between 40-70 mg gallic acid/g of cocoa degreased, for alkaloid analysis was found that the average content of theobromine and caffeine had ranges from 2.04% to 2.56% and 0.32% to 0.43% respectively. Moreover the analysis of theobromine / caffeine ratio showed that most of the materials tested are Trinitario type with values ranging from 6 to 9 and Criollo with results ranging from 3.0 to 5.0, showing that the materials studied showed characteristics of fine cocoa.

Key words: Fine flavor cocoa, polyphenols, alkaloids, fat, gallic acid, Trinitario, Criollo.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cacao se cultiva en la región Central, Oriental y Occidental del país (Braudeau, 1970). El cacao (*Theobroma cacao* L.) se origina en las selvas neo tropicales, principalmente en la cuenca Amazónica y la meseta de Guyana, es nativo del sur de México, Centroamérica y Sudamérica tropical, crece en los bosques tropicales húmedos y en las laderas bajas orientales de los Andes ecuatoriales de Sudamérica (Linn, 2009; Colombo *et al.*, 2012).

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se puede citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. Después del proceso de fermentación y secado, las almendras de cacao contienen esencialmente manteca de cacao (48-57%), compuestos fenólicos (8-20%), proteínas (9%), agua (5-7%), purinas: teobromina (1,3-2,0%) y cafeína (0,1-0,7%), aminoácidos libres (0,8%), almidón (4,5-7%), pectinas (4,1%), celulosa (9%), ácidos orgánicos (0,05-0,5% por cada ácido), minerales (2,6 a 4,2%), azúcares: glucosa (0,1%) y fructosa (0,4-0,6%) (Amores *et al.*, 2009).

El cacao presenta un contenido considerable de alcaloides de tipo base púrica, de la familia de las metilxantinas (teobromina y cafeína), compuestos que le confieren un pequeño poder estimulante. El alcaloide mayoritario es la teobromina, metabolito de la cafeína, nombre que deriva del género de la especie *Theobroma*. (Dreosti, 2000). Investigaciones realizadas por Espín y colaboradores en el 2007 describen a la relación teobromina/cafeína como un parámetro con el cual se puede discriminar el cacao por su origen, encontrándose valores que van desde 2,2 a 6,9 para genotipos de cacao producidos en el Ecuador.

En las semillas de cacao también se destaca la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles. El contenido de polifenoles en las almendras disminuye, en un rango del 44 - 51%, durante la fermentación (Dreosti, 2000; Amores *et al.*, 2007).

El objetivo del trabajo fue evaluar los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y grasa en almendras de cacao fino de aroma en tres diferentes zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la materia prima. Se utilizó un molino ultra centrífugo (Restch ZM200) para pelar y moler las muestras que posteriormente fueron tamizadas.

Determinación del contenido de grasa. Para la extracción de la materia grasa del polvo de cacao se utilizó el método de extracción por soxhlet.

Determinación del contenido de polifenoles totales. La determinación del contenido de polifenoles totales del polvo de cacao se realizó mediante una reacción colorimétrica con el reactivo de Folin & Ciocalteu. Los polifenoles totales se cuantificaron en un espectrofotómetro UV-VIS bajo las siguientes condiciones: longitud de Onda: 760 nm, temperatura ambiente, slit: 0,2 nm.

Determinación de alcaloides. La teobromina, y la cafeína fueron extraídas del polvo de cacao desengrasado y fueron analizadas mediante HPLC utilizando una columna cromatografía ODS II, detector UV - VIS (273 nm) y los niveles de alcaloides (%) se midieron como área total de los picos respectivos.

Diseño experimental. En la primera fase se utilizó un diseño completamente al azar DCA combinado entre provincias con 45 tratamientos y dos repeticiones por tratamiento con un nivel de significancia del 0,05. En la segunda fase de análisis se utilizó un diseño completamente al azar DCA para cada provincia con 15 tratamientos y dos repeticiones por tratamiento. Para los tratamientos e interacciones significativas se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de confianza 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de grasa. El contenido de grasa en las muestras de cacao varió en un rango de 47 a 50%. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Enríquez (2003), donde se indica que el contenido de

grasa en almendras de cacao nacional fino de aroma varía entre 48 a 50%, este parámetro es de suma importancia en la comercialización del cacao ya que el rendimiento en producción de chocolate se estima en función del contenido de grasa de las almendras.

Se estableció que existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para el factor provincias, por lo cual se estableció que existe un efecto del ambiente sobre el contenido de grasa de las almendras de cacao.

Contenido de polifenoles totales. El contenido de polifenoles totales en las muestras de cacao nacional de las tres provincias amazónicas en estudio varía en un rango de 40 a 70 (mg ácido gálico/g de cacao desengrasado), resultados que están acorde a lo reportado por Lange y Fincke (1970). Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el factor provincias, lo que permitió establecer que existe un efecto del ambiente sobre el contenido de polifenoles totales.

Contenido de alcaloides. El contenido de teobromina en las muestras de cacao nacional de las tres provincias Amazónicas en estudio varió en un rango de 2,04 a 2,56 %, este parámetro depende del genotipo y está asociado con la formación de precursores del sabor y aroma durante la fermentación de las almendras de cacao. Por su parte, el contenido de cafeína varió en un rango de 0,32 a 0,43%; no se encontraron diferencias estadísticas significativas por lo que se infiere que no existe un efecto del ambiente sobre el contenido de cafeína de las almendras de cacao.

La relación teobromina/cafeína varió en un rango de 5 a 6,92. Según Chapelin (1998), se definen tres variedades de materiales de cacao: El Criollo, el Forastero y el Trinitario. Mediante la relación teobromina/cafeína se ha descrito que los cacaos Criollos presentan una relación teobromina/cafeína de 2 a 5, los cacaos de tipo Trinitario de 5 a 10, y los Forasteros de 10 en adelante (Davrieux *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El trabajo permitió establecer que los cacaos provenientes de las tres provincias amazónicas en estudio son de tipo Trinitario, lo que confirma que poseen características de cacaos finos de aroma y tienen amplia posibilidad de comercialización en el mercado internacional.

BIBLIOGRAFIA

- Amores, F., D. Buttler, G. Ramos, D. Skuha, S. Espín, A. Gómez, A. Zambrano, J. Jiménez, N. Hollywood, R. Van Loo and E. Seguíne. 2007. Project to establish the physical chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine or flavor and bulk cocoa. Quevedo, EC.CFC/ICCO/INIAP. 84p.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao. Primera edición. Ed. Blume. Barcelona. 9p.
- Colombo, M., Pinorini-Godly and A. Conti. 2012. Botany and Pharmacognosy of the Cacao Tree. Department of Drug Science and Technology, University of Turin, Turin, Italy. Springer-Verlag.
- Davrieux, F., S. Assemat, R. Boulanger and E. Cross. 2004. Determination of cocoa purine content by near infrared spectroscopy. XIV International conference of investigation of cocoa.
- Dreosti, I. 2000. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa and wine. *Nutrition* 16 (10): 692-694.
- Espín, S., I. Samaniego, H. Wakao y J. Jiménez. 2007. La relación teobromina/cafeína asociada a la calidad del cacao Ecuatoriano. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 16(2): 107-109.
- Linn, L. (2009). The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. 161(2):105-121.

Efecto de la Extrusión en las Propiedades Físicas de un Alimento para el Sector Acuícola

Extrusion Effect in the Physical Properties of a Food for Aquaculture Sector

Sandra Magally Sanchez¹, José Luis Hoyos², Jeimmy Rocio Bonilla³.

¹ Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. sandrasanchez@unicauca.edu.co

² Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. jlhoyos@unicauca.edu.co

³ Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. jrbonilla@unicauca.edu.co

Resumen. Esta investigación busca aprovechar los subproductos generados por la actividad acuícola desarrollada en el municipio de Silvia (Cauca), transformándolos en ensilaje biológico para su inclusión en la alimentación de Tilapia roja en fase de engorde. El ensilaje de pescado se balanceó nutricionalmente, las materias primas fueron sometidas a una serie de operaciones, molienda, hidratación, mezclado, extrusión y secado, para obtener pellets, unas pequeñas porciones de material aglomerado, que es como suele presentarse el alimento balanceado a los peces. Los parámetros que se evaluaron para estimar la calidad de las dietas fueron los aspectos físicos como índice de expansión, densidad específica, flotabilidad, estabilidad en agua, y durabilidad. Se analizaron bajo un diseño factorial 23, tres factores (velocidad de tornillo (RPM), temperatura (T) y humedad (H)) y dos niveles (alto y bajo). El análisis y discusión permite deducir que las mejores condiciones para

la obtención de concentrado extruido son en los niveles altos de temperatura, velocidad de tornillo y humedad (127,5°C, 180 RPM y 30% H).

Palabras Claves: Subproductos, ensilaje biológico, concentrado extruido.

Abstract. The present research is aimed to take advantage of the by-products generated by the aquatic activity developed in Silvia, Cauca town, turning them into biological ensilage in order to include it into the red tilapia feeding in its fattening phase. The fish ensilage was nutritionally balanced. The raw materials were submitted to some grinding, hydration, mixing, extrusion, and drying processes to obtain pellets, small portions of bind-together material which is how the balanced foodstuff is usually presented to fish. The parameters which were assessed to estimate the quality of such diets were physical aspects such as the expansion index, specific gravity,

buoyancy, water stability and durability. It was analyzed under a factorial design 23, three factors (screw speed (RPM), temperature (T), and humidity (H)) and two levels (high and low). The analysis and discussion allows to deduct that the best conditions to obtain the extracted concentrate are the highest temperature, screw speed and humidity levels (127, 5 °C, 180 RPM y 30 % H).

Key words: By-products, biological silage, concentrate extruded.

INTRODUCCIÓN

En el Municipio de Silvia (Cauca), la actividad piscícola obtiene como subproductos cabezas, colas, huesos, piel, escamas y vísceras, que actualmente son desperdiciados ocasionando contaminación ambiental. Estos pueden ser aprovechados por medio de una fermentación láctica, transformándolos en ensilaje biológico, que puede incluirse en un alimento balanceado para la alimentación de tilapia, dado que posee una composición nutricional apreciable, que además de presentar una alta digestibilidad, proporciona un gran beneficio en la alimentación animal (Copes *et al.*, 2006). La metodología propuesta en esta investigación busca la obtención de un alimento extruido para tilapia roja (*Oreochromis spp*) en fase de engorde con inclusión de ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), que cumpla con los parámetros de calidad físicos que exige el sector piscícola.

MATERIALES Y METODOS

El ensilaje biológico fue elaborado utilizando como materia prima las vísceras de la pesca de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), siguiendo la metodología descrita por Agudelo *et al.* (2010). Las dietas fueron balanceadas teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de la especie a alimentar tilapia roja (*Oreochromis spp*) y la composición de las materias primas. El proceso de extrusión se desarrolló en un extrusor de tornillo simple bajo un diseño factorial 23, con tres factores (temperatura (A), humedad (B), velocidad de tornillo (C)) y dos niveles (alto y bajo). Mediante el software SPSS versión 17.0 se realizaron, análisis de varianza (ANOVA $p < 0,05$) y pruebas de comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$).

Análisis de productos procesados: Los pellets obtenidos fueron analizados en sus propiedades

físicas como índice de expansión (IE) de acuerdo a la metodología de Jin *et al.* (1994), densidad específica (DE) siguiendo el método de Kannadhasan *et al.* (2007), flotabilidad (F) de acuerdo a la metodología de Arroyo (2008), estabilidad en agua (EA) por el método de Wouters *et al.* (2001) y durabilidad (D) de acuerdo al procedimiento reportado en la norma ASAE S269.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de expansión (IE). Cabe destacar el factor velocidad de tornillo, donde un nivel alto en este factor permitió obtener mejores resultados (1,09 y 1,42). De acuerdo con Chevanan *et al.* (2007), a mayores velocidades de tornillo la velocidad de la masa en el barril aumenta, lo que contribuye a una mayor presión en el interior del barril, favoreciendo de esta manera la expansión.

Densidad específica (DE). Se destaca el factor temperatura en su alto nivel, permitió obtener los mejores resultados (759 kg/m³). La alta temperatura conduce a la completa gelatinización del almidón, incluso, a altas velocidades de tornillo las cuales disminuyen el tiempo de residencia, debido a la ruptura estructural de la proteína y el almidón en el medio de alta cizalladura, lo que conduce también a la baja densidad de los productos (Pansawat *et al.*, 2008).

Flotabilidad (F). El nivel alto de la velocidad de tornillo con la interacción de los niveles altos y bajos de temperatura y humedad permitieron obtener los mejores resultados (80% y 70%), algo de esperar dado que a mayor IE, menor DE se espera una mayor F.

Estabilidad en agua (EA). No se observa un comportamiento regular entre los tratamientos, pero cabe destacar que los resultados logrados en la presente investigación (87,38 y 76,43 %), sumada las diferencias en formulación ya que se incluyó ensilaje biológico, un producto que por su origen y forma de elaboración lo hacen una matriz compleja y el tipo de proceso, no difieren de lo reportado por otros autores, quienes obtuvieron valores de EA superiores al 80 %.

Durabilidad. Los resultados obtenidos oscilan 87,38 y 76,43 %, algo que se podría plantear en relación a la homogeneidad en los resultados, es que los diferentes tratamientos en general pudieron haber tenido condiciones

adecuadas para la completa gelatinización del almidón; esta observación se fundamenta con lo planteado por Chevanan *et al.* (2007), quienes sostienen que la resistencia mecánica de los productos extruidos depende del grado de tratamiento térmico y el grado relativo de gelatinización del almidón que se produce durante el procesamiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS por el financiamiento de esta investigación.

CONCLUSIÓN

Las mejores condiciones para la obtención de concentrado extruido con inclusión de ensilaje biológico de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en fase de engorde son los niveles altos de temperatura, velocidad de tornillo y humedad (127,5°C, 180 rpm y 30% H)

BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, C.M. y R. Ortega. 2010. Estandarización del proceso de fermentación de ensilado biológico a partir de residuos y vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*), producidas en el embalse “La Salvajina” departamento del Cauca. Tesis pregrado en Ingenieros Agroindustriales. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad Del Cauca. Colombia.

Arroyo, M. 2008. Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus spp* Como ingrediente en alimento para el crecimiento de

tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional de Mexico.

ASAE S269.4 DEC96. Cubes, Pellets, and Crumbles—Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content. ASAE STANDARDS. 525-527.

Chevanan, N., K. Muthukumarappan and K.A. Rosentrater. 2007. Effect of die dimensions on extrusion processing parameters and properties of DDGS-based. *Aquaculture Feeds Cereal Chemistry*, 84(4), 389-398.

Copes, J., K. Pellicer y G. Del Hoyo. 2006. Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Analecta Veterinaria*, 26 (1), 5-8.

Jin, Z., F. Hsieh and H.E. Huff. 1994. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber, salt and sugar. *Cereal Chemistry*, 71 (3), 227-234.

Kannadhasan, S., K. Muthukumarappan, and K.A. Rosentrater. 2007. Effect of starch sources on extruded aquaculture feed containing DDGS. *American Society Agricultural and Biological Engineers*, 1-13.

Pansawat, N., K. Jangchud and A. Jangchud. 2008. Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks. *LWT*, 41(4): 632-641.

Wouters, R., X. Piguave, L. Bastidas, J. Calderón and P. Sorgeloos. 2001. Ovarian maturation and haemolymphatic vitellogenin concentration of Pacific white shrimp *Litopenaeneus vannamei* (Boone) fed increasing levels of total dietary lipids and HUFA. *Aquaculture Research*, 32(7): 573-582.

Retention of Vitamin C in Microencapsulated Guavira Pulp by Spray Drying

Retención de Vitamina C en Pulpa de Guavira Microencapsulada por Atomización

Vinícius Soares de Oliveira¹; Eliana Janet Sanjinez-Argandoña²;

Ariana Alves Vieira³; Rodney Alexandre Ferreira Rodrigues⁴

¹ Master student. Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais. Brasil. viniciusbiomed@hotmail.com;

² Professor. Universidade Federal da Grande Dourados Faculdade de Engenharia. Brasil. elianaargandona@ufgd.edu.br;

³ Master student. Universidade Federal da Grande Dourados Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia. Brasil. arianavieiralves@gmail.com;

⁴ Professor. Centro Pluridisciplinar de Pesquisa Química, Biológicas e Agrícolas, Universidade Estadual de Campinas, Brazil - rodney@cpqba.unicamp.br;

Abstract. The aim of this work was to evaluate the effect of dehydration by spray drying on the retention of vitamin C in guavira pulp. Guavira microcapsules were obtained by spray drying (180° C) using three encapsulating agents. Seven formulations have been tested to obtain microcapsule using a statistical Simplex-centroid design. The process yield has been determined by each formulation. The moisture and vitamin C content were determined in the fresh pulp and in the microcapsules obtained from each formulation. The mixture of encapsulating agents such as arabic gum, maltodextrin and chitosan, at same proportions, showed greatest retention of vitamin C (48%). The moisture content in all formulations analyzed is in accordance to the food legislation for powder product. The spray drying was effective in producing microcapsules of guavira and maintaining substantial percentage of vitamin C in pulp powder, which allows the product to be stored at room temperature.

Key words: Dehydration, spray dryer, *Campomanesia adamantium*, ascorbic acid.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la deshidratación por atomización de la pulpa de guavira en la retención de la vitamina C. Microcápsulas de Guavira se obtuvieron mediante el secado por atomización (180°C) usando tres agentes encapsulantes. Se realizaron siete formulaciones para obtener microcápsulas empleando un diseño Simplex-centroide. Se determinó el rendimiento del proceso para cada formulación. La humedad y la vitamina C se determinaron en la pulpa fresca y en las microcápsulas. La mezcla de los agentes encapsulantes goma arábica, maltodextrina y quitosano, en proporciones iguales, mostró mayor retención de vitamina C (48%). El contenido de humedad en todas las formulaciones analizadas cumple con la legislación de alimentos en polvo. El secado por atomización fue eficaz en la producción de microcápsulas manteniendo un porcentaje sustancial de la vitamina C en la pulpa en polvo, lo que permite su aplicación para el almacenamiento del producto a temperatura ambiente.

Palabras clave: Deshidratación, secado por pulverización, *Campomanesia adamantium*, el ácido ascórbico.

INTRODUCTION

Among the Brazilian Cerrado there is native plant species known as Guavira (*Campomanesia adamantium* Camp. O. Berg) which present fruits with great flavor and is very appreciated by domestic and wild animals. The fruits of guavira are sources of vitamin C (Breda *et al.*, 2012), an important micronutrient involved in various biological functions in the human body (Machado *et al.*, 2011). At harvest, the fruits are consumed in natura or processed in various preparations like jellies, liqueurs, among others. However, perishability and seasonality hamper the production on a larger scale, being necessary to study conservation alternatives available to the pulp of the fruit all year. Dehydration is one of the conservation techniques most commonly used in foods.

Among the dehydration process, the atomization is used for drying liquids or pasty thermosensitive foods with lower costs than to lyophilization. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of dehydration on the retention of vitamin C in guavira pulp by spray drying.

MATERIALS AND METHODS

Guavira fruits were purchased in the cities of Dourados and Ponta Porã - MS, Brazil. They were selected according to physical integrity, washed and sanitized with Sumaveg(R) (0.66%). The pulp was separated from the seeds and bark, packaged in rigid polypropylene containers and stored at -18 °C until use. The encapsulating material consisted of maltodextrin (DE 20 Maltogill, Cargill, Uberlândia, Brazil), gum arabic (Synth, Brazil) and chitosan (Purifarma, São Paulo, Brazil) were purchased in analytical grade.

Seven formulations were prepared with different concentrations of encapsulants according to the experimental design Simplex-centroid. Sample preparation consisted of the mixture of pulp and encapsulating agents at concentrations previously defined in the experimental planning. The mixing of each formulation was homogenized in an Ultra-Turrax at a speed of 18.000 rpm until complete dissolution of the carrier agent, obtaining samples with 30% of solids (encapsulating agent and pulp). The atomization process was conducted in flow con-current pattern using a mini spray dryer - LM (model MSD 1.0 LABMAQ). Samples were fed into the atomizer at a flow rate of 0.5 Lh⁻¹ with a 1.2 mm nozzle diameter, air flow of 35 Lmin⁻¹ and air temperature of the drying air of 180°C. The process yield was calculated considering the powder product weight obtained in relation of weight of pulp soluble solids and encapsulating agents added to the mixture. The determination of moisture content and ascorbic acid (AOAC, 2000) were performed on fresh and microencapsulated pulp of guavira.

The results were statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA) and the sample averages compared by Tukey test at 5% level of significance, using the Statistica ® 8.0 software.

RESULTS AND DISCUSSION

The results (Table 1) showed that the process yield has been significantly influenced by the independent variables of process (polysaccharides). It was observed a positive synergistic effect of the encapsulating agents on the yield, due to the lower concentration of samples retained in the chamber of equipment. The assay 7 presented the highest yield (21%), in which the three polysaccharides were tested at same proportion. Therefore, the polysaccharides could be considered to be used on the atomization process as encapsulating agents.

1Maltodextrin; 2Gum arabic; 3Chitosan; 4Fresh pulp of guavira
5Temperature of sample obtained at final process All the assays were processed at 180°C, initial temperature of process.

Table 1. The yield process (% w/w), humidity and temperature of microcapsules obtained by spray drying.

Assay	Independent variables (%)				Dependent variables		
	M ¹	G ²	Q ³	Pulp ⁴	Yield (%)	Moisture (%)	T°C ⁵
01	80	0	0	20	15,10	1,40	135 ± 5
02	0	80	0	20	7,00	3,33	131 ± 5
03	0	0	80	20	5,50	7,19	109 ± 5
04	50	50	0	20	15,89	3,75	125 ± 5
05	40	0	40	20	18,05	6,15	128 ± 5
06	0	40	40	20	17,00	6,33	117 ± 5
07	26,6	26,6	26,6	20	21,00	3,00	119 ± 5

Regarding the moisture content of the microcapsules, it was observed that the maltodextrin favored dehydration, providing microcapsules with lower moisture content (1.40%), however, the microcapsules prepared with chitosan showed higher moisture content (7.19%). These results show the influence of the chemical characteristics of encapsulants in microencapsulation.

The maltodextrin has low hygroscopicity, the reason that it is used as encapsulating agent, due to the capacity to absorb water of dried products into spray-drier equipment. These results obtained in this work are in accordance to those presented by Tonon (2013) on dehydration of açai by spray-drying, and Ferrari (2012), who studied the effects of atomization on amora-preta,

in which both authors used maltodextrin as microencapsulating agent.

The Figure 1 shows the retention of vitamin C in the microcapsules obtained by different polysaccharides. The interactions of the encapsulating agents had significant effect on the retention of vitamin C, in which at the same proportion of them (assay 7) presented 48% of vitamin C retained. At this condition, 100 g of guavira pulp had 537 mg of ascorbic acid, which result is higher than obtained by Breda (2012), on dehydration of guavira pulp by foam mat, where she obtained 326 mg/100 g of pulp, showing the efficiency of atomization process on the preservation of bioactive substances.

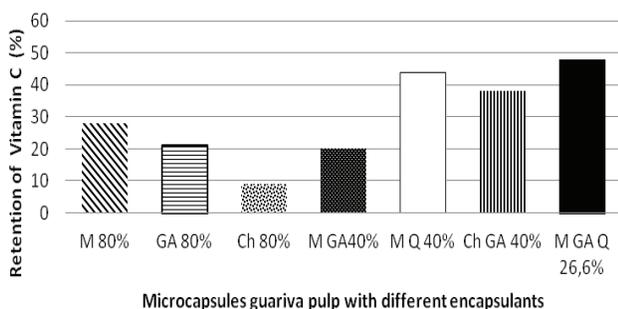


Figure 1. Retention of vitamin C (%) in guavira microcapsules prepared with different encapsulating agents (maltodextrin, M; gum Arabic, GA; chitosan, C) at different concentrations.

CONCLUSION

The spray drying was effective in producing guavira microcapsules, maintaining substantial percentage of vitamin C in pulp powder, which allows the product (microcapsules) to be stored at room temperature, prolonging the shelf life of the product.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to thank FUNDECT and CNPq for their financial support of the present study and GEPPAC group for support in analyzes.

BIBLIOGRAPHY

- Association of Official Analytical Chemists (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.). Virginia: AOAC International.
- Breda, C.A, E.J. Sanjinez-Argandoña, and CDA. Correia, (2012). Shelf life of powdered (Campomanesia adamantium) pulp in controlled environments. Food Chemistry, 135 (4), 2960-2964.
- Machado, L.A.Z, L.C. Balbinus, and G. Ceccon. (2011). Integrated crop-livestock-forest. 1. structuring of integrated crop-livestock systems.
- Tonon, RV, C. Brabet, and MD. Hubinger, (2013). Application of spray drying to obtain functional products with high added value from the acai. Social Inclusion, 6 (2).

Influencia de la Temperatura de Secado en Calidad de Derivados de Babasú (*Orbignya speciosa*)

Influence of the Drying Temperature on the Quality of Babassu (*Orbignya speciosa*) Derived

Marcia Paisano Soler¹; Roseli Aparecida Ferrari²; Pedro Vinicius MerliAlves

- 1 Investigador Científico del Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL). Grupo de Engenharia de Processos (GEPC) <soler@ital.sp.gov.br>
- 2 Investigador científico del Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL). Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA), <rferrari@ital.sp.gov.br>

Resumen. Babasú (*Orbignya speciosa*) es una palmera cuyo principal producto comercial es el aceite (extraído de las almendras), que representa cerca del 7% de la fruta. El coco babasú es recogido y pelado a mano por mujeres en régimen de semi-esclavitud, siendo un problema social para el norte/noreste. Con la posibilidad de transferencia de tecnologías de la mecanización de los procesos se ofrecerán nuevas alternativas que permitirán una mejor inclusión social y mejor calidad de vida. El presente trabajo tuvo como objetivo establecer las condiciones para el secado del babasú, siendo probadas temperaturas de 75 y 90°C. La separación de las fracciones fue efectuada en el equipo adecuado y los productos resultantes caracterizados. La extracción del aceite de almendra fue realizada con prensa hidráulica

y continua y la calidad de los productos comparados. Extracción de aceite por frío presentó mejores resultados con respecto a la calidad del aceite, sin embargo presionando continuo presenta mejor rendimiento. La calidad de los aceites está dentro de la norma del Codex Alimentarius.

Palabras clave: *Orbignya speciosa*, babasú, almendras, aceite de babasú.

Abstract. Babassu (*Orbignyaspeciosa*) is a palm whose main commercial product is oil (extracted from almonds), which represents about 7% of the fruit. The babassu coconut peeling is collected and hand-made by women in semi - slavery, being a social problem for the north / northeast. With the possibility of technology transfer machining processes new alternatives

that allow for better social inclusion and quality of life will be offered. This study aimed to establish the conditions for drying babassu being tested temperatures of 75 and 90 °C. The separation of the fractions was performed in suitable equipment and the resulting products are characterized. The almond oil extraction was performed with continuous hydraulic press and the quality of the products compared. Cold oil extraction showed better results regarding the quality of the oil, however pressing continuously presents better performance. The oil quality is within the standard Codex Alimentarius.

Key words: *Orbignya speciosa*, babassu oil , almond oil, babassu

INTRODUCCIÓN

El coco babasú viene de una palmera con hasta 20m de altura y hasta 41cm de diámetro. Cada planta puede producir hasta 6 racimos con el promedio de 200 frutos. El coco de babasú consta de cuatro componentes principales: epicarpio (16%), mesocarpio (26,5%), base (49%) y las almendras (8%) composición sobre el peso de la fruta entera. Debido a la dureza del babasú hay una gran dificultad de su ruptura que implica la rotura irregular del endocarpio, esto es perjudicial para la extracción del aceite porque las almendras dañadas se vuelven rancias dentro de 24 a 48 horas, perdiendo así su valor comercial (Wilhelms, 1964). Han sido el componente más utilizado de la fruta (Soler *et al.*, 2007). Las almendras pesan en promedio 3 a 4g y contienen entre 60 a 68% de aceite. Las almendras secas contienen aproximadamente 4% de humedad, que no debe interferir con la calidad y del contenido de aceite.

El coco babasú se recoge y son rotos manualmente por mujeres, siendo un problema social para las regiones norte/noreste de Brasil. Las comunidades y las familias envueltas en la recogida y tratamiento del coco trabajan en condiciones extremadamente precarias. Con la posibilidad de la transferencia de tecnologías sencillas de mecanización de procesos, serán ofrecidos a estas personas, nuevas alternativas que permitirán una mejor inclusión social, mejor calidad de vida y formación profesional. El presente trabajo pretende establecer mejores condiciones de secado de babasú. En este sentido fueron probadas temperaturas de 75 y 90°C para garantizar la calidad de sus derivados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Los experimentos se llevaron a cabo en los Laboratorios de Bromatología y plantas piloto de la extracción de aceite del CCQA del ITAL y en la planta piloto del GEPC del ITAL. Como materia prima para la ejecución del trabajo

fueron usados cocos babasú recogidos en Goiania (GO) proporcionados por el Sr. Marcelo F. Mousse para secado a 75° C y babaçus recogidos en el “Instituto Agrônômico de Campinas” (IAC) para los 90°C.

Secado de coco babasú. Las muestras de coco babasú fueron sometidas a secado en estufa con circulación de aire forzado (marca “Precision Scientific” Modelo 845) a temperatura de 75 y 90 ° C por 24 horas. Estas temperaturas se determinaron a partir de las pruebas preliminares llevadas a cabo.

Extracción de aceite. Las almendras fueron sometidas a dos proceso de prensado; mecánico con prensa hidráulica (modelo EPC40_TI marca Ercitec), considerada prensado a frío y en continuo en prensa tipo “expeler” (Marca Carver Laboratory Press Modelo C). En ambos casos se calculó el rendimiento en aceite y la torta de presión tras el pesaje de productos.

Caracterización de las fracciones debabasú. Las fracciones que se obtuvieron después del procesamiento de babasú y la torta de presión fueron caracterizadas según metodología oficial de la AOCS (2008). La fracción del epicarpio se caracterizó en cuanto a los niveles de fibra cruda según la metodología de Diemair (1963), fibra detergente ácido (FDA) según la metodología de Horwitz (2006) y fibra detergente neutro (FDN) según la metodología de Van Soest *et al.*(1991).

Caracterización de los aceites. El aceite obtenido se caracterizó bajo los siguientes parámetros: Índice de acidez, % ácidos grasos libres, composición en ácidos grasos, índice de refracción, índice de peróxidos, materia insaponificable y punto de fusión, los cuales se determinaron por el método AOCS (2008), mientras que la estabilidad oxidativa de los aceites se evaluó a través del equipo Rancimat (Methron marca modelo 679) con una temperatura de 110°C y un caudal de 10 L/h de aire.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición centesimal de las fracciones se encuentra en la Tabla 1, excepto la composición de la muestra de almendras secas a los 90°C, donde la muestra se utilizó completamente para obtener aceite en cantidad suficiente para el análisis. La composición es variable según la procedencia, por factores climáticos (temperatura y humedad). Analizando la composición centesimal de la torta de babasú, podemos destacar la diferencia de contenido lipídico entre las muestras. Las muestras de 90°C han tenido menor rendimiento, una vez que con la presión del equipo las pérdidas han sido grandes por la cantidad de muestras. El rendimiento de los procesos esta presentada en la Tabla 2.

Tabla 1. Características de las fracciones y de la torta de presión obtenidas para los cocos secos a 75 y 90 ° C.

Componente (%)	Epicarpio		Mesocarpio		Almendra		Torta de presión			
							Prensado continuo		Prensado en frío	
	75° C	90° C	75° C	90° C	75° C	90° C	75° C	90° C	75° C	90° C
Humedad	4,82	4,83	5,24	4,95	3,94	*	3,7	6,47	7,35	2,52
Cenizas	1,45	1,53	4,59	3,65	1,73	*	4,32	3,07	3,48	3,65
Lípidos	0,28	0,21	0,72	0,50	67,26	*	11,09	34,26	28,8	30,99
Proteínas	1,24	2,18	2,38	2,55	9,43	*	23,46	25,28	18,83	21,76
Hidratos de carbono	92,21	91,25	87,07	88,35	17,64	*	57,43	30,92	41,54	41,08
Calorías (kcal)	376,32	375,63	364,28	368,10	713,62	*	423,37	533,15	500,68	530,28

Tabla 2. El rendimiento de las extracciones en frío y presionando continuo de la almendra de babasú secas a temperaturas de 75 ° C y 90 ° C.

Rendimiento (%)	Presión en frío		Prensado continuo	
	75° C	90° C	75° C	90° C
Torta	49,00	55,17	59,00	21,14
Aceite	49,33	44,50	28,00	31,76
Pérdidas	1,66	0,33	13,00	47,10

La comparación de las características de los aceites obtenidos y estándares de calidad recomendados por la Codex Alimentarius, (2005) se puede comprobar en la Tabla 3. Comparando los datos obtenidos por las pruebas realizadas con el estándar del Códex (2005), observamos que todos los aceites están dentro de los límites deseables en propiedades de índice de refracción y materia insaponificable, con el límite establecido para el índice de refracción y la acidez y todas las muestras han superado estos límites, aunque las dos muestras también superaron en los ácidos grasos libres.

La composición de ácidos grasos del aceite de todas las muestras, así como la calidad estándar recomendado por la Comisión del Codex Alimentarius, (2005) se presenta en la Tabla 4.

Analizando los resultados de la Tabla 5, podemos observar que los aceites obtenidos están dentro de las normas establecidas por el Codex Alimentarius,(2005) y Firestone,(1999), con la excepción sólo de la composición de ácido araquídico a los aceites extraídos en secado a 90° C.

Tabla 3. Características del aceite obtuvieron por frío prensado y continua del coco babasú almendra seca para 75° C, 90° C seco y los estándares de calidad del Codex Alimentarius (2005).

Característica	Aceite de presión en frío		Aceite de presión continúa		Norma Codex (2005)
	75° C	90° C	75° C	90° C	
Materia insaponificable (%)	0,80	0,24	1,07	0,28	≤ 12
Valor del peróxido	0,66	1,16	0,86	0,95	Máximo 10
Grado de acidez (mgKOH/g)	0,81	1,29	0,87	1,24	Máximo 0,6
Ácidos grasos libres %	0,29	0,46	0,31	0,44	Máximo 0.3
Índice de refracción	1,45	1,45	1.45	1,45	1.448 – 1.451

Característica	Aceite de presión en frío		Aceite de presión continúa		Norma Codex (2005)
	75° C	90° C	75° C	90° C	
Punto de fusión (° C)	23,63		23,85		
Estabilidad oxidativa (h)	6,77	2,03	14,00	17,10	

Tabla 4. Composición de ácidos grasos del aceite derivado de núcleos de babasú a 75° C y 90° C, por el frío presionando el proceso y sigue presionando.

Ácidos grasos (%)	Aceite de presión en frío		Aceite de presión continúa		Codex (2005)
	75° C	90° C	75° C	90° C	
C 6: Caproico 0	0,27	0,29	0,22	0,26	0,05
C 8:0 Caprílico	4,77	5,24	4,25	5,01	2,60-7,30
C 10:0 Capric	5,21	5,86	4,78	5,92	1,20-7,60
C 12: Láurico 0	42,79	44,49	42,60	45,21	40,00-55,00
C 14:0, ácido mirístico	14,11	14,30	14,54	14,16	11,00-27,00
C 16:0 ácido palmítico	8,85	8,69	9,03	8,46	5,200-11,00
C 18:0 ácido esteárico	3,57	3,44	3,40	3,53	1,80-7,40
C 18: 1 ácido oleico	17,48	15,37	18,33	15,00	9,00-20,00
Linoleico 18:2 C	2,88	2,32	2,79	2,45	1,40-6,60
C 20:0 Araquídico	0,07	0,00	0,06	0,00	0,05

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico, por la beca PIBIC - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, concedida al estudiante Pedro Vinicius Merli Alves.

CONCLUSIÓN

Los resultados de la presión en frío de un aceite de mejor calidad, pero en este caso el rendimiento es inferior al obtenido por presión continuo. El aceite de presión en frío mostró menor acidez y peróxido y mayor estabilidad a la oxidación. La composición de ácidos grasos de las muestras está dentro de la Norma Codex.

BIBLIOGRAFIA

ANP. 2012. Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis. Resolução N ° 14 de 11 de maio de 2012.

Firestone, D. 1991. Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes. Washington: AOCS Press. 152p.

Horwitz, W. 2006. Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th Edición. Gaithersburg, Maryland, AOAC, 2005.cap. 4, met 973.18, p.47.

Soler, M.P.; F. Muto, E. Vitali, Tecnología de descascamento do coco babasú (Orbignyaspeciosa). Cienc. Tenologia de Alimentos, Campinas, 27: 717.2007.

Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A., Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

Wilhelms, C. e R. Tamar. 1964. Babaçu: Riqueza inexplorada; possibilidade para a intensificação das exportações brasileiras através das ofertas. Traduzido por Roberto Tamara. Rio de Janeiro. CACEX.

Original Enquanto a estabilidade oxidativa dos óleos foi avaliada através do equipamento Rancimat (Marca Methron Modelo 679) a temperatura de 110°C com fluxo de 10L/h de ar.

Aplicación de Tratamiento Enzimático en la Elaboración de una Bebida de Tomate de Arbol (*Solanum betaceum*).

Development of a Tree Tomato (*solanum betaceum*) Beverage by Enzymatic Treatment Application.

Alexia Torres¹, Doris Hernández²

¹ Profesor Titular. Departamento Tecnología Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Valle Sartenejas, Baruta. Estado Miranda ZP 1080-A. Caracas-Venezuela. e-mail: aitorres@usb.ve;

² Investigadora. Departamento Tecnología Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Valle Sartenejas, Baruta. Estado Miranda ZP 1080-A. Caracas-Venezuela e-mail: dorysjr@gmail.com

Resumen. El tomate de árbol *Solanum betaceum* Cav., se caracteriza por su importante contenido de nutrientes y compuestos bioactivos. Con el propósito de tener a disposición productos saludables y de buen sabor, se tienden a usar cada vez más procesamientos que aseguren un daño mínimo sobre el alimento y conserven las características sensoriales y nutricionales del producto. Como una alternativa para diversificar el consumo del fruto, se planteó en esta investigación, la elaboración de una bebida clarificada mediante enzimas. Las condiciones experimentales para la clarificación de la bebida fueron: concentración de pectinasa (500 ppm), tiempo de incubación (90,120 y 150 min), temperatura de 55°C. La caracterización de la bebida se hizo en función de: sólidos solubles, velocidad de filtración, clarificación, rendimiento del filtrado y aceptabilidad global. Se seleccionó la bebida con la mayor aceptación y los resultados de los análisis realizados a la muestra fueron: pH 3,82, azúcares totales y reductores (8,19 y 1,34g/100mL), cenizas (0,13 g/100mL), potasio, sodio, hierro, calcio (1,07; 0,36; 0,1; 0,08 mg/100mL), vitamina B1 y C (0,12 y 0,19 mg/100mL), polifenoles totales (59,9 mg EAG /100 mL), capacidad antioxidante (34,37 g /g DPPH) y poder reductor (209,17 mol Fe⁺² /100 mL).

Palabras clave: tomate de árbol, jugo clarificado, velocidad de filtración, clarificación, aceptabilidad, composición nutricional.

Abstract. Tree tomato *Solanum betaceum* Cav. is characterized by its important content of nutrients and bioactive compounds. In order to have healthy and tasty products, it is intended to use minimal processing that keep the sensorial and nutritional characteristics of the product. As an alternative to diversify consumption of Tree tomato, it was proposed in this research the preparation of a clarified beverage using enzymes. The experimental conditions for the clarification of the beverage were: pectinase concentration (500 ppm), incubation time (90,120 and 150 min), and temperature of 55°C. The characterization of the beverage was based on: soluble solids, filtration speed, clarification, filtration efficiency and overall acceptability. The chosen beverage was the one with

the greater acceptance and the results of the analyzes were: pH 3,82, total and reducing sugars (8.19 and 1.34 g/100 mL), ash (0.13 g/100 mL), potassium, sodium, iron, calcium (1.07, 0.36, 0.1, 0.08 mg/100 mL), vitamin B1 and C (0.12 and 0.19 mg/100 mL), total polyphenols (59.9 mg EAG/100 mL), antioxidant capacity (34.37g/gDPPH) and reducing power (209.17 mol Fe⁺² /100 mL).

Key words: Tree tomato, clarified juice, filtration speed, clarification, acceptability, nutritional composition.

INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cavanilles) es una importante fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y compuestos con capacidad antioxidante (Moreno *et al.*, 2007). En Venezuela, el tomate de árbol es cultivado principalmente en pequeñas extensiones y asociado a otros cultivos frutícolas u hortícolas de altura (Arnal *et al.*, 2006). La tendencia actual de bebidas se ha diversificado en la obtención de productos que aseguren un máximo de nutrientes aplicando mínimos procesos. Esta investigación tuvo como objetivo la elaboración de una bebida a partir de jugo de tomate de árbol, el cual fue sometido a un proceso enzimático (enzima-tiempo incubación a temperatura controlada) para la obtención de un producto clarificado. De las distintas formulaciones evaluadas física y sensorialmente se seleccionó aquella que tuvo la mejor aceptabilidad global. A la bebida escogida se le realizaron análisis de pH, azúcares, cenizas y minerales, vitaminas B y C así como compuestos con potencial antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon frutos maduros de tomate de árbol (NTC 4105) (Colonia Tovar, Estado Aragua, Venezuela), los cuales fueron lavados, escaldados (97°C/8 min con ácido cítrico al 5%), pelados y homogenizados para obtener pulpa de fruta. Se estableció proporción de ingredientes

(agua, pulpa y azúcar) para elaborar jugo filtrado el cual posteriormente fue clarificado empleando las condiciones: concentración de enzima pectinasa (500 ppm), tiempo de incubación (90,120 y 150 min), temperatura 55°C (García, 2011). La inactivación enzimática del jugo fue a 95°C/5 min, después se centrifugó (2000 rpm/5 min) y filtró, envasado, pasteurizado a 75°C/30min y conservado en frío. El producto fue analizado en relación a: sólidos solubles, velocidad de filtración, rendimiento del filtrado, clarificación (García, 2011) y aceptabilidad global (escala no estructurada de 10 cm, 100 evaluadores). A la bebida clarificada con la mejor aceptación se le midió: pH, azúcares reductores, totales, cenizas, minerales, vitaminas B y C (AOAC, 2005), polifenoles (Singleton *et al.*,1999) y capacidad antioxidante DPPH (Sánchez-Moreno, 1998). Los resultados fueron reportados como promedio de tres réplicas y desviación estándar. Para evaluar el efecto del tiempo de incubación sobre las variables en estudio se aplicó ANOVA y posterior contraste de medias (nivel de significancia $p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del proceso de clarificación enzimática se presentan en la Tabla 1.

El tratamiento donde se empleó una combinación de 500ppm de enzima y 150 min de incubación fue el que arrojó los mejores resultados en cuanto a sólidos solubles, rendimiento del filtrado, clarificación así como en la aceptación global de la bebida por parte de los consumidores. De estos resultados se desprende que la acción de la enzima y el tiempo de incubación tuvieron un efecto significativo sobre las características físicas y sensoriales del producto obtenido el cual fue más dulce, con mayor claridad y mejor aceptado por los consumidores.

El análisis físico, químico y nutricional de la bebida clarificada se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición física y química de bebida clarificada a base de tomate de árbol.

Compuesto	Valor
pH	3,82±0,02
Azúcares reductores (g/100ml)	1,33±0,20
Azúcares totales (g/100ml)	8,19±0,11
Cenizas (g/100ml)	0,13±0,03
Potasio (mg/100ml)	1,07±0,01
Sodio (mg/100ml)	0,36±0,12
Hierro (mg/100ml)	0,10±0,00
Calcio (mg/100ml)	0,08±0,01
Vitamina B1 (mg/100ml)	0,12±0,04
Vitamina C (mg/100ml)	0,19±0,01
Polifenoles (mg EAG/100ml)	59,90±0,50
Capacidad antioxidante EC ₅₀ (g/g DPPH)	34,37±1,36
Poder reductor (mol Fe ⁺² /100 ml)	209,17±13,77

La bebida obtenida fue de pH ácido, bajo contenido de carbohidratos disponibles y con un aporte importante de minerales como potasio, sodio, hierro y calcio así como de vitaminas B1 y C. Por otra parte aporta compuestos polifenoles los cuales le otorgan un potencial antioxidante a la bebida en estudio. Se concluye que fue factible elaborar una bebida clarificada con enzima pectinasa, la cual presentó buenas cualidades físicas y sensoriales, siendo una alternativa para el mercado de jugos naturales y permitiría diversificar el consumo del fruto de tomate de árbol.

Tabla 1. Efecto del tratamiento enzimático sobre parámetros de calidad del jugo de tomate de árbol

Concentración ppm	Tiempo min	Sólidos solubles °Brix	Velocidad de filtración s ⁻¹	Rendimiento filtrado g/100g	Clarificación Absorbancia	Aceptabilidad Escala 1-10
500	90	11,67 ^a ±0,11	0,02 ^a ± 0,01	96,43 ^a ±2,80	0,75 ^b ±0,02	4,26 ^a ±2,44
500	120	11,70 ^a ±0,10	0,01 ^a ±0,00	96,81 ^a ±1,50	0,51 ^a ±0,08	6,65 ^b ±2,50
500	150	11,93 ^b ±0,10	0,01 ^a ±0,00	97,14 ^a ±0,75	0,41 ^a ±0,03	7,31 ^b ±2,36

Letras diferentes en una columna indican que hay diferencia significativa a nivel $p < 0,05$

BIBLIOGRAFIA

- Arnal, E., F. Ramos, Z. Suárez y E. González. 2006. Capturas del perforador del fruto del tomate mediante trampas con atrayente sexual sintético en plantaciones de tomate de árbol en Aragua y Miranda, Venezuela. *Revista Digital CENIAP HOY* N° 11 mayo-agosto, 2006: 12-13.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis*. 18 ° Edición. Published by AOAC. Washington, D.C USA.
- García, T. 2011. Aplicación de microfiltración para obtener néctar de mango bocado. Proyecto Tesis de Grado Doctorado Ciencias de Alimentos. Universidad Simón Bolívar. Caracas-Venezuela.
- Moreno, M., M. Pinto, D. García y D. Belén, 2007. Efecto del ácido cítrico sobre la madurez del tomate de árbol. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*. 24: 321-342.
- NTC 4105 Norma Técnica Colombiana. 1997. Frutas frescas. Tomate de árbol. Especificaciones. ICONTEC. Colombia 15 p
- Sánchez-Moreno, C., J. Larrauri, F.Saura-Calixto, 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J Sci Food Agric* 76: 270-276.
- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventos. 1999. Análisis de fenoles totales y otros sustratos de oxidación y antioxidantes mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu. *Methods Enzymol* 299: 152 - 178.

Evaluación del Color Durante la Deshidratación de Manzana Royal (*Malus domestica*)

*Color Evaluation During Apples (*Malus domestica*) Drying.*

Fabián Valencia¹; Pablo Rodríguez²; María Soledad Hernández³

- 1 Facultad de Ingenierías, Administración y Ciencias Básicas. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá. A.A 14817. fabianlosadav@gmail.com, pabloerf@gmail.com
- 2 Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, Universidad Nacional de Colombia. Perodriguezf@unal.edu.co
- 3 Instituto Amazónico de Investigación Científico SINCHI. Av Vásquez Cobo Leticia, entre 15 y 16, Bogotá D.C., Colombia Bogotá. shernandez@sinchi.org.co

Resumen. El objetivo del estudio fue determinar el color de manzanas durante el proceso de deshidratación. Rodajas de manzanas royal gala de espesor aproximado de 5mm fueron deshidratadas a $65 \pm 5^\circ\text{C}$ durante un tiempo de 4 horas. El color se midió por medio del colorímetro triestímulo de Hunter con un iluminante de D°65. Siendo las orejas tratadas con ácido cítrico al 1% el que presentaron mayor luminosidad en L*.

Palabras clave: manzana, color, deshidratación, antioxidante, coordenadas L*a*b*.

Abstract. The aim of this essay was to evaluate the color into the time and temperature of apple drying slices. The experiments were made with royal gala apples, which were cut in the shape of ears, with a thickness of 5 mm approximately. The drying was made at temperature of 65° during four hours. To quantify color changes it was used the Hunter Lab with a lighting of D° 65. The apple slices which were treated with citrus acid at 1% showed the most brightness in L*.

Keywords: apple, drying, color, brownish, antioxidant, rosemary.

INTRODUCCIÓN

Los cambios químicos en la deshidratación de frutas involucran pigmentos (carotenos, clorofilas, polifenoles, etc), temperatura, oxígeno, enzimas, entre otros factores. Por lo general, en cuanto más largo sea el proceso de deshidratación y más elevadas sean las temperaturas, mayor serán las pérdidas en estos pigmentos (Gómez-Miguez y Heredia, 2004; Chiralt y Cortés, 2008). Para minimizar el pardeamiento enzimático se emplean diferentes sustancias antioxidantes. Actualmente se ha promovido el uso de antioxidantes naturales como los aceites esenciales. Por estas razones, el objetivo del presente estudio fue comparar el color de manzanas deshidratadas empleando antioxidantes natural y sintético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon Manzanas de variedad Royal Gala, las cuales fueron seleccionadas y acondicionadas en el Instituto Amazónico de Investigación Científico SINCHI, Bogotá. Los frutos se cortaron en orejas con un espesor de 5mm. Para inhibir

el pardeamiento enzimático fueron inmersas en antioxidante natural (aceite esencial de romero) y antioxidante comercial (ácido cítrico) a concentraciones de 0,5 – 1,0 y 1,5%. Luego se deshidrataron a una temperatura de $65^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 horas. El color se determinó por el colorímetro triestimulo de Hunter. Los datos fueron analizados a partir una ANOVA de dos vías, utilizando LSD ($P\leq 0,05$) por medio del paquete estadístico Statgraphics Centurión versión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor de L^* fue afectado con la adición de antioxidantes. El ácido cítrico a 1,5% tubo el mejor efecto, mientras que el antioxidante natural no ejerció mayor acción sobre el valor de L^* . El valor de b^* y a^* indica que a bajas concentraciones de ácido cítrico y antioxidante natural se incrementa la formación de matices amarillos y rojizos, respectivamente (Figura 1).

CONCLUSIÓN

La deshidratación de las manzanas produce cambios de color apreciables a simple vista ($\Delta E^* \geq 1$) y el antioxidante natural tiene bajo efecto sobre la prevención de pardeamiento y cambios de color.

BIBLIOGRAFÍA

Gómez-Míguez, M., y F.J. Heredia. 2004. Effect of the maceration technique on the relationships between anthocyanin composition and objective color of Syrah wines. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52(16): 5117-23.

Cortés, M. and Chiralt, A. 2008. Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamin E. *Revista VITAE*. 15(1): 8-16.

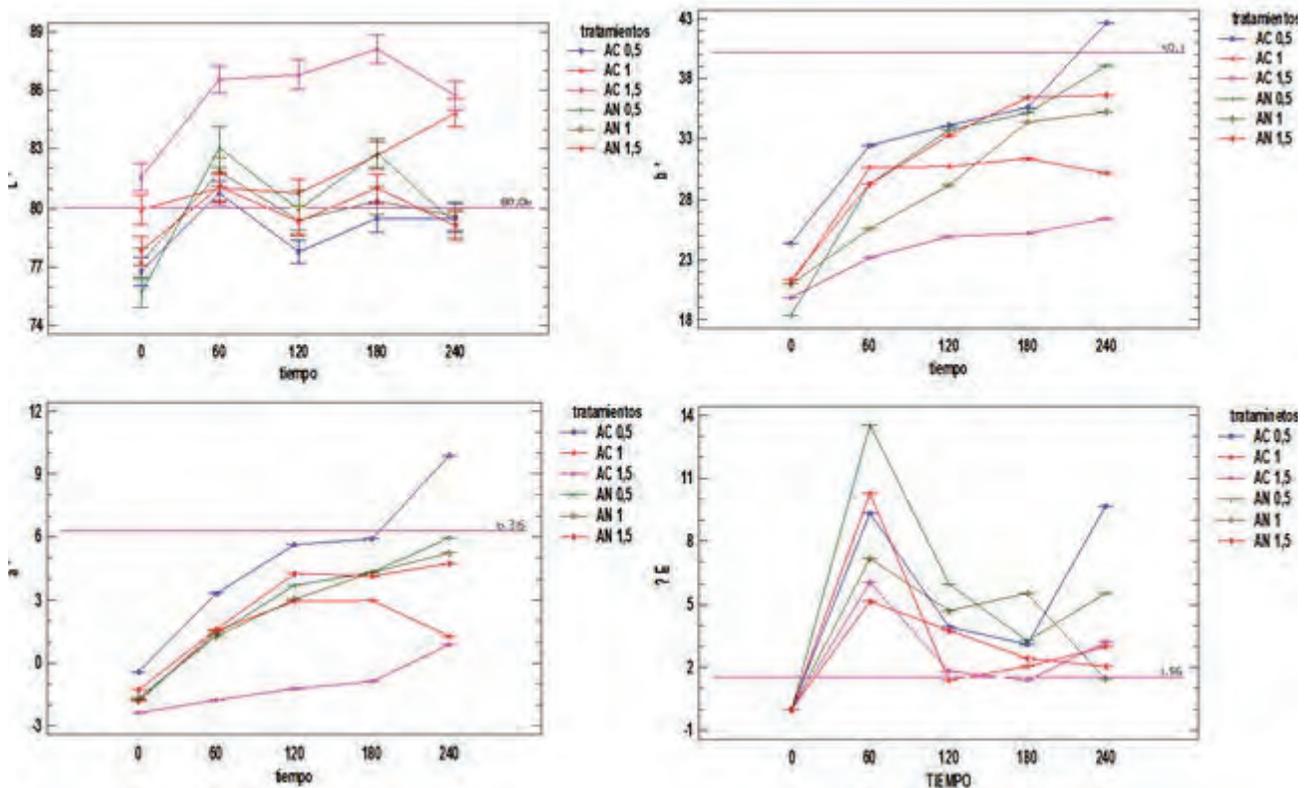


Figura 1. Coordenadas L^* , a^* , b^* y ΔE en función del tiempo y del antioxidante durante la deshidratación de manzanas.

AC: ácido Cítrico (0.5, 1 y 1.5%); AN: antioxidante natural (0.5, 1 y 1.5%).

Production and Stability at Freezing Temperature of Betalains Obtained from Red Beet Extract (*Beta vulgaris L.*)

Producción y Estabilidad a la Temperatura de Congelación de Betalainas Obtenidas de Extracto de Remolacha (*Beta vulgaris L.*)

Larissa A. C. Zuanon¹; Nathália C. Fuzari²; Vânia, R. N. Telis³

¹ Ingeniería de alimentos, Ms Ingeniería de alimentos. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, Brasil larizuanon@gmail.com

² Alumna de graduación de Ingeniería de Alimentos, Universidad Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, Brasil nathalia.fuzari@hotmail.com

³ Profesora Titular, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, Brasil, vanianic@ibilce.unesp.br

Abstract. *Betalains are water-soluble plant pigments that are widely used as food colorants, and which have a wide range of desirable biological activities. A good alternative is to use this pigment from red beetroot extract (*Beta vulgaris L.*), thereby obtaining a higher concentration of betalains. This work aimed the production of alcoholic extract of red beet and its stability at freezing temperature (-38 °C) for six weeks. The results showed that the extract is rich in Betalains (2,88 g/kg), with no significant loss of pigment in freezing during the study period.*

Keywords: *Natural pigment, storage, red beetroot, physicochemical properties.*

Resumen. *Betalainas son pigmentos vegetales solubles en agua, ampliamente utilizados como colorantes de alimentos, los cuales tienen una amplia gama de actividades biológicas deseables. Una buena alternativa es utilizar este pigmento a partir del extracto de remolacha (*Beta vulgaris L.*), obteniendo de este modo una mayor concentración de betalainas. Este trabajo apunta a la producción de extracto alcohólico de la remolacha e su estabilidad a temperatura de congelación (-38 °C) durante seis semanas. Los resultados mostraron que el extracto es rico en betalainas (2,88 g/kg), sin pérdida significativa de pigmento en la congelación durante el período de estudio.*

Palabras clave: *Pigmentos naturales, almacenamiento, remolacha roja, propiedades fisicoquímicas.*

INTRODUCTION

Color plays a key role in consumer acceptance of food. Since the visual quality of products may suffer from processing, color is added afterwards to restore the initial appearance or for reinforcement of color to meet consumer expectations. As opposed to other pigment classes such as carotenoids, chlorophylls and anthocyanins, the betalains

have been studied with much less intensity. Because their application does not require certification, the use of betalains is one of the most popular way to achieve desired red hues. In addition, colored fruit or vegetable extracts may contain additional ingredients of nutritional value. Betalain pigments are water-soluble and were first isolated from the red roots of *Beta Vulgaris*, which gave this class of pigments its name, and is used to color a wide range of processed food products. Betalains may be purple to red (alkaline forms, betacyanins) and orange to yellow (acidic forms, betaxanthins), and often the color is bright. When betalains are used as food colorants, color stability is a major concern (Cuchinsk *et al.*, 2010), (Stintzing *et al.*, 2005).

There are several factors that have been recognized to affect the stability of these pigments like pH, temperature, light and oxygen. This work aimed the production of alcoholic extract of red beet (*Beta vulgaris L.*) and the study of betalain stability at freezing temperature for a period of six weeks.

MATERIALS AND METHODS

Alcoholic extract of red beet. The extract was obtained according to the methodology proposed by Cuchinsk *et al.* (2010) with modifications. Fifty grams of fresh beetroots, previously peeled and cut into small pieces were triturated with 100 mL of ethanol 70%. This mixture was stored under refrigeration at 5 °C for 48 hours protected from light. The solution was then vacuum filtered and concentrated in a rotary evaporator, at 49 °C, up to constant volume (final concentration of 15 °Brix). The extract was stored in polyethylene flasks protected from light and frozen in ultra freezer at -38 °C. The samples remained frozen for six weeks and were analyzed according to the betalain content each 7 days.

Physicochemical characteristics of red beet extract. The betalain extract obtained was characterized according to the moisture content, total and soluble solids, pH at 25°C, total acidity and ash (AOAC, 2005), as well as to the yield.

Betalain quantification. The betalain content (BLC) was calculated as described by Stintzing *et al.* (2005) and Pitalua *et al.* (2010) with modifications: a certain amount of extract was diluted in a solution of McIlvaine buffer with pH 6.5 to give spectrophotometer reading between 0.9 and 1 at the respective wavelengths to betacyanins and betaxanthins. Betalain content was then calculated as $BLC [mg/L] = (A \times DF \times MW \times 1000) / (\epsilon \times 1)$, where A is the absorption value at the maximum absorption corrected by the absorption at 600 nm, DF is the dilution factor and 1 is the pathlength (1 cm) of the cuvette. For quantification of betacyanins (Bc) and betaxanthins (Bx), which constitute the major betalains in red beet, the molecular weights (MW) and molar extinction coefficients (ϵ) of betanin (MW=550 g/mol; $\epsilon=60,000 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ in H₂O; $\lambda=538 \text{ nm}$) and indicaxanthin (MW = 308 g/mol; $\epsilon=48,000 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ in H₂O; $\lambda=480 \text{ nm}$) were applied, respectively. The total BLC is the sum of betacyanins and betaxanthins in samples.



Figure 1: Alcoholic red beet extract

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the obtained betalain extract and Table 1 shows their physicochemical characteristics determined before freezing. No data was found in literature regarding such characterization of beetroot extracts, making these data an important reference source for future work.

Betalain stability during freezing time. Figure 2 shows the results of betalain stability in the extract frozen at -38 °C along a storage period of six weeks. The losses were not significant according to Tukey's test at 5% of significance ($P \leq 0.05$). Initially the extract showed a pigment content of 2.88 g/kg, which was well above that found by Pitalua

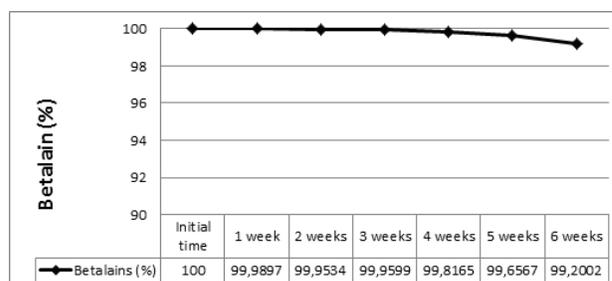


Figure 2: Betalain stability in red beet extract during frozen storage.

et al. (2010) in red beet juice (0.135 g/kg), and by Moßhammer, *et al.*, (2006) that obtained maximum values of 0.038 g/L for pear cactus juice. These results indicate that the alcoholic extract of red beetroot is a product rich in betalain, with good storage stability when frozen, and with a high dye power, feasible for use as a natural colorant in the food industry.

CONCLUSIONS

The alcoholic extraction of red pigments from red beetroot resulted in a product rich in betalains, which were stable at freezing temperature of -38 °C throughout a six-week period, showing no significant loss of pigment.

Table 1: Physicochemical characteristics of red beet extract*

Moisture (% dry basis)	Total solids (%)	pH (25 °C)	Total acidity (g/100g)	Ash (%)	Yield (%)	Soluble solids (°Brix)	Betalain content (g/kg)
82.91 ± 0.06	17.09 ± 0.06	5.56 ± 0.02	0.19 ± 0.01	1.62 ± 0.03	21.50	15	2.88

*Values ± standard deviation

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for the scholarship.

BIBLIOGRAPHY

Cuchinsk, A.S., J. Caetano e D.C. Dragunski. 2010. Extração do corante de beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. *Eclética Química* 35(4): 17-23.

Moshammer, M.R., F.C. Stintzing and R. Carle. 2006. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit

powders from cactus pear. *Inovative Food Science and Emerging Technologies*, (7): 275-287.

Pitalua, E., M. Jimenez, E.J. Vernon and C.I. Beristain. 2010. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioprocess Processing*, (88): 253-258.

Stintzing, F.C., K.M. Herbach, M.R. Moshammer, R. Carle, W. Yi, S. Sellappan, C.C. Akoh, R. Bunch and P. Felker. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451.

Efecto Causado en la Concentración de Vitaminas en la Harina de Trigo Durante el Proceso de Panificación

Effect Caused by the Concentration of Vitamins in Wheat Flour During the Baking Process

Ximena Cifuentes Wchima¹, Jairo Montoya López.²; Juan Carlos Lucas Aguirre³

Resumen. La cuantificación de vitaminas B1, B2, B3, ácido fólico de la harina de trigo, masa panaria y un pan, medidos por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) fueron comparados y analizados en el presente trabajo. En la transformación de la harina de trigo en pan se pierde el 87,2% de la vitamina B1, 56,44% de la vitamina B2, 74,04% de la vitamina B3 y 55,13% del ácido fólico.

Palabras clave: Harina de trigo, vitaminas.

Abstract. The quantification of vitamins B1, B2, B3, folic acid of wheat flour, dough and bread, measured by high pressure liquid chromatography (HPLC) were compared and analyzed in this paper. The transformation of wheat flour in bread is lost

87.2% of vitamin B1, 56.44% of vitamin B2, 74.04% of vitamin B3 and 55.13% of folic acid.

Key words: Wheat flour, vitamins.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades nutricionales del pan, están influenciadas por la concentración de vitaminas. El enriquecimiento de la harina de trigo es una de las estrategias más importantes para aumentar la ingesta de las vitaminas de importancia para la salud pública y mejorar el estado de nutrición de las personas, de forma continua y auto sostenida (Sunny, 2005). La harina es utilizada como materia prima para la elaboración de productos de panadería, entre otros; los cuales requieren temperaturas superiores a 100 °C, lo que posiblemente cause transformación en los componentes nutricionales de la materia prima, entre ellos la degradación de las vitaminas por su carácter termolábil e hidrosoluble. La vitamina B1 o tiamina es altamente inestable, por ello se pierde ante la cocción, según la temperatura y la acidez del medio (Wang *et al.*, 2006). La Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC), ha recomendado la determinación de vitaminas del complejo B mediante métodos microbiológicos, espectrofotométricos y fluorométricos. El HPLC ha sido la principal vía de análisis de las mezclas de vitaminas (Kwok *et al.*, 1981; Gennaro, 1991).

¹ Decana Facultad de Ingeniería Universidad La Gran Colombia. defingeniería@ugca.edu.co

² Docente del Programa de Química. Universidad del Quindío. jmontoya@uniquindio.edu.co

³ Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío. jclucas@uniquindio.edu.co

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se utilizó tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico estándares USP. Los reactivos empleados fueron: ácido ortofosfórico (Fluka, Buchs, Suiza), metanol grado HPLC (Merck, Darmstadt, Alemania), hexanosulfonato de sodio y cianuro de sodio (BDH, Poole, UK). El agua fue purificada en un sistema Milli-Q (Millipore, Milford, MA, USES). Se empleó como solución de extracción para la tiamina y la niacina solución de ácido acético a pH 4,5 y para la rivo flavina y ácido fólico solución de extracción hidróxido de sodio a pH 9,0. El sistema HPLC consistió en un cromatógrafo líquido marca perkin elmer series 200, inyector manual equipado con reguladores de volumen de 20 y 100 μ L, columna C18, así como un detector UV-VIS, programado a una longitud de onda de 271 nm., se utilizó como fase móvil buffer fosfato 0,02M : acetonitrilo y un tiempo de corrida de 25 min. Para el análisis cualitativo se procedió a comparar los tiempos de retención de las señales obtenidas en las muestras de vitamina máxima frente a patrones de cada una de las vitaminas ensayadas. También se realizó adición de patrones a las muestras para medir el aumento de la señal cromatográfica, empleando para ello el programa integrador del equipo. Como confirmación, se realizó el análisis espectral de cada señal cromatográfica. Para la cuantificación de todos los factores vitamínicos se empleó el método de curva de calibrado. El límite de detección y cuantificación, la precisión y la exactitud del método se determinó a partir de la recta de calibrado para cada vitamina (Quattrocchi *et al.*, 1992). Los cromatogramas obtenidos fueron evaluados, determinándose en cada caso los valores de área bajo la curva correspondientes, empleando las rectas de calibrado para hallar el valor de concentración para cada una de las vitaminas. Para el cálculo del contenido de tiamina, niacina, riboflavina y ácido fólico se empleó la siguiente ecuación. ($A = 450$ Ciny) donde: A son los mg de vitamina en 100 g de muestra; Ciny: concentración de la muestra inyectada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cromatogramas procesados muestran una señal con tiempo de retención de 25 min, similar al de los patrones; así mismo el análisis espectral de las señales cromatográficas mostró espectros similares al de los patrones de las

correspondientes vitaminas, confirmando la presencia de éstas en las muestras.

Para la cuantificación de las vitaminas del complejo B, se empleó el método de curva de calibrado. En la evaluación de cada vitamina, se comprobó la linealidad de la respuesta analítica. La precisión del sistema expresada en términos de repetibilidad y reproducibilidad muestran coeficientes de variabilidad menores del 2%. También se evaluaron los límites de detección y cuantificación siendo de 0,3 y 0,6 en la B1, 0,015 y 0,025 en la B2, 0,08 y 0,1 en la B3, 0,035 y 0,05 para el ácido fólico. Una vez evaluado el método, se determinó el contenido vitamínico de las muestras de harina de trigo, masa y pan (Tabla 1).

Tabla 1. Cuantificación de vitaminas en la harina de trigo, masa y pan.

ANÁLISIS	MÉTODO	HARINA DE TRIGO	MASA	PAN
TIAMINA (VIT. B1) mg/100g	HPLC	5,78	6,50	0,74
RIBOFLAVINA (VIT. B2) mg/100g	HPLC	3,65	4,75	1,59
NIACINA (VIT. B3) mg/100g	HPLC	52,31	59,61	13,58
ÁCIDO FÓLICO μ g/100g	HPLC	1421,00	1568,00	637,67

Dichos resultados corroboran la diferencia significativa entre las concentraciones de vitaminas del complejo B adicionadas en la harina de trigo y las que realmente quedan en los productos elaborados; el aumento en las concentraciones para la masa se debe a la adición de diferentes ingredientes ricos en estas vitaminas.

CONCLUSIONES

La cuantificación de vitaminas del complejo B realizada por la técnica de HPLC, es satisfactoria y confiable; pudiéndose determinar el contenido de vitaminas del grupo B presentes en la harina de trigo, masa y pan; mostrando que en la transformación de la harina de trigo en pan se pierde el 87,2% de la vitamina B1, 56,44% de la vitamina B2, 74,04% de la vitamina B3 y 55,13% de ácido fólico.

BIBLIOGRAFÍA

- Gennaro, M.C. 1991. "Separation of agua-soluble vitamins by reversed-phase ion-interaction-reagent high performance liquid chromatography: application to multivitamin pharmaceuticals". J. Chromatogr. 29(9), 410-415.
- Kwok, P.C., W.P. Rose, R. Tabor and T.S. Pattison. 1981. Simultaneous determination of vitamins B1, B2, B6, and

Efecto del Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) sobre Pasabocas de Mango (*Manguifera Indica L.*) por Fritura al Vacío

*Effect of Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) on Mango (*Manguifera Indica L.*) Snack Through Vacuum Frying*

Rafael H. Villamizar Vargas^{1,2}, Laura S. Torres Valenzuela¹

1 Docente investigador, Ingeniería Agroindustrial Universidad La Gran Colombia – Armenia.

2 Docente investigador, Química Universidad del Quindío.

Autor para correspondencia rhvillamizar@uniquindio.edu.co

Resumen. Se aplicó la fritura al vacío en la obtención de un pasabocas de mango enriquecido con yacón evaluando sus parámetros de calidad. La fritura se realizó a 0,5 bar de presión de vacío, temperaturas (115 y 125°C) y tiempos (2,5 y 3,0 min) con diferentes porcentajes de yacón en peso (20 y 30%). Los resultados mostraron que el yacón, afecta positivamente las características de calidad del pasabocas, al encontrarse un bajo contenido de grasa, una textura acorde con los productos del mercado y una pequeña variación del color logrando su intensificación.

Palabras clave: Color, textura, grasa, calidad

Abstract. Vacuum frying was applied to obtain yacon enriched mango snacks assessing their quality parameters. Frying was performed at 0.5 bar vacuum pressure, temperatures (115 and 125 °C) and times (2.5 and 3.0 min) with different weight percentages of yacon (20 and 30%). The results showed that yacon positively affects the quality characteristics of snacks, finding low fat content, texture according to market products and a small color variation achieving its intensification.

Key words: Color fat, texture quality.

INTRODUCCIÓN

El yacón, un tubérculo andino rico en fructooligosacáridos e inulina, reductores del nivel de glucosa en la sangre (Simonovska *et al.*, 2003); Estos tubérculos también son ricos en antioxidantes (Campos *et al.*, 2012). Además, el mango es una de las frutas más importantes del mundo, debido a su sabor y valor nutricional, rica en agua, azúcares, fibra, minerales, vitaminas, ácido málico, palmítico, p-cumárico y mirístico, vitamina C y alto contenido en vitamina A (Stafford, 1983). La variedad Tommy Atkins es la de mayor producción a nivel nacional técnicamente (CCI, 2009). Durante la fritura, el alimento es sumergido en aceite a una temperatura arriba del punto

de ebullición del agua (Bouchon *et al.*, 2003), generando cualidades organolépticas exigidas por los consumidores. Los altos contenido de grasa no son aptos para el consumidor (USDA-ARS., 2008) pero trabajando al vacío, se reduce el contenido de grasa (Garayo y Moreira, 2002), mejorando la calidad organoléptica y nutricional (Da Silva y Moreira, 2008; Troncoso *et al.*, 2009). El proceso genera la desnaturalización de la proteína, la gelatinización del almidón, la vaporización del agua, la formación de la corteza y el desarrollo del color (Mir-Bel *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de yacón sobre la calidad de un pasabocas de mango obtenido por fritura al vacío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración del pasabocas. Se utilizó mango Tommy Atkins entre 14 y 15°Brix y yacón del mercado local con 14 °Brix y pH de 6,16. Los mangos y el yacón fueron lavados, pelados y despulpados; se tomó 230 g de pulpa de mango y se le adicionó yacón en 20% en peso para la primera formulación y 30% para la segunda, la preparación de la pasta y la fritura se realizó según metodología reportada por Villamizar *et al.*, (2012). Para cada prueba el aceite de palma se llevó a 115 y 125°C, luego a la presión de vacío de 0,5 bar, sumergiéndose la pasta por 2,5 y 3,0 min. El pasabocas se retiró y se le extrajo la grasa superficial. Las diferentes muestras según los tratamientos realizados por triplicado, fueron analizadas realizándose tres repeticiones por característica.

Análisis fisicoquímico. Se determinó el color con un colorímetro (Minolta CR. 10), sistema CIELAB, con iluminante D65 y 10° para el observador. Tomando L*, a*, b* y calculando el ΔE . Para determinar la fuerza de quiebre, se utilizó un analizador de textura (TA. XT. Plus) con fuerza

de 5 g y distancia de 3 mm, con velocidad de 10 mm/s. El contenido de grasa se determinó utilizando un detector de grasas (DET. GRAS P SELECTA) mediante el método DG. 01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del pasabocas. La Figura 1 muestra las características del pasabocas con relación al cambio de las variables temperatura, tiempo y porcentaje de yacón de cada tratamiento.

El cambio en el color varía poco, a pesar del yacón, ya que en vacío disminuye la temperatura impidiendo la generación de compuestos causantes de colores oscuros (reacción de Maillard) (Da Silva y Moreira, 2008). El comportamiento de la textura expresado en Newton, muestra cómo la adición de yacón afecta positivamente la fuerza de quiebre debido a la mayor cantidad de almidón que presenta el pasabocas. A medida que la temperatura, el tiempo y el contenido de yacón aumentan, el contenido de grasa disminuye (Villamizar *et al.*, 2012). Se presenta evaporación parcial del agua, siendo reemplazada por el aceite, cuando el pasabocas sale aumenta rápidamente la presión y la temperatura de los poros, se genera la adherencia del aceite en la superficie del pasabocas y penetra en él, (efecto esponja) (Troncoso et al, 2009). Se encuentra que el mejor comportamiento en textura, color, contenido de grasa y actividad de agua es a 30% de yacón, 125 °C de temperatura y 3 min de tiempo de inmersión. Además, comparando los resultados reportados por Villamizar, quien estudio el efecto del vacío sobre un pasabocas de mango (Villamizar *et al.*, 2012), el pasabocas mejoro en cuanto a textura, color y contenido de grasa.

CONCLUSIONES

La utilización de yacón como sustituto del almidón adicionado en la preparación de un pasabocas de mango afecta satisfactoriamente sus características de calidad ya que se encuentran dentro de los valores aceptados por la industria, siendo las mejores características: color (ΔE , $6,61 \pm 1,51$), textura (fuerza de quiebre, $3,1 \pm 0,75$ N) y contenido de grasa (%grasa, $6,41 \pm 2,37$).

BIBLIOGRAFÍA

- Bouchon, P., J.M. Aguilera., D.L. Pyle. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal Food Science*. 68 (9): 2711-2716.
- Campos, D., I. Betalleluz, R. Chirinos, A. Aguilar, G. Noratto and R. Pedreschi. 2012. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemical*, 135(3): 1592-1599.
- CCI. 2009 Proyecto Mango De Exportación, Corporación Colombia Internacional. Disponible en: http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/520mango_exp_consejo_mango_jun2009.pdf
- Da Silva, P.F. and R.G. Moreira. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *Food Science Techno-LEB*. 41 (10): 1758-1767.
- Fillion, L. and C.J. Henry. 1998 Nutrient losses and gains during frying: A review. *International Journal Food Science Nutrition*. 49 (2): 157-168.
- Garayo J. and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. *Journal Food Engineering*. 55 (2): 181-191.
- Mir-Bel, J., R. Oria. and M.L. Salvador. 2009. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal Food Engineering*. 95 (3): 416-422.
- Simonovska, B., I. Vovk, S. Andrenšek, K. Valentová, J. Ulrichová. 2003. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers, *Journal of Chromatography A*, 1016 (1): 89-98.
- Stafford, A.E. 1983. Mango. (pp. 399-431) in: H.T. Chan, Jr. (Ed.). *Handbook of tropical foods*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Troncoso, E., F. Pedreschi and R.N. Zuñiga. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Food Science Technol-LEB*. 42 (1): 187-195.
- USDA-ARS. National nutrient database for standard reference [Internet]. USDA. 2008 [Citado 2012 Ene 8]. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
- Villamizar, R., G. Giraldo y C. Quiceno. 2012. Efecto del proceso de fritura al vacío sobre la calidad de un pasabocas de mango (*Manguifera indica* L.) *Revista Acta Agronómica*. 61 (1): 40 -51.

Efecto de la Liofilización sobre algunas Propiedades Físicoquímicas de Cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal)

Effect of Freeze-Drying on some Physicochemical Properties of Cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal)

Liliana Serna C.¹, Diana P. Vargas Muñoz² Alfredo Ayala A.³

¹ Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Valle, Colombia lserna@unal.edu.co

² Instructora, SENA, Centro Agropecuario de Buga, Regional Valle. dipvargasmu@unal.edu.co.

³ Profesor, Escuela de Ingeniería de alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle. alfredo.ayalal@correounivalle.edu.co

Resumen. Como alternativas de agroindustrialización de frutos de cocona, se evaluó el efecto de la liofilización (-45°C, 3,0±0,7 Pa) sobre cambios en algunas características físicoquímicas como actividad de agua, contenido de ácido ascórbico, y color de pulpa, pulpa+semillas y rodajas. Se utilizó un diseño unifactorial con tres niveles. Se encontró que la liofilización, retiene hasta en 87% el contenido de ácido ascórbico, garantiza la estabilidad en el almacenamiento, incrementa la claridad, y la pureza de color, y conserva el tono característico de la pulpa de cocona.

Palabras clave: Fruta exótica, ácido ascórbico, aw, color, agroindustrialización.

Abstract. As agroindustrialization alternatives, the effect of freeze-drying (-45°C, 3.0±0.7 Pa) of cocona fruit on changes in some physicochemical properties as water activity, ascorbic acid and Color of pulp, pulp+seed and slices was evaluated. Univariate design was used. It was found that freeze-drying retains up to 87% ascorbic acid content, ensures the storage stability, and increases the clarity and color purity, preserving the characteristic tone of the pulp of cocona fruit.

Keywords: exotic fruit, ascorbic acid, aw, color, agro-industrialization.

INTRODUCCIÓN

Cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) es una fruta amazónica empleada como alimento, medicamento y cosmético, tiene sabor distintivo y exótico lo cual la hace una materia prima prometedora para agroindustrialización. El proceso de agroindustrialización para esta fruta debe garantizar la calidad de sus características nutritivas, organolépticas y nutracéuticas (Silva *et al.*, 2010). Por esta razón la deshidratación mediante liofilización es un proceso que podría resultar conveniente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la liofilización sobre cambios en algunas características físicoquímicas de pulpa, pulpa+semilla y rodajas de cocona, como una alternativa de agroindustrialización del producto.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó cocona con de índice de madurez 5 (Agronet, 2006). Las frutas fueron lavadas, desinfectadas y secadas. Dos partes de la fruta se despulparon para obtener pulpa, pulpa+semilla, la tercera parte, se rebano en rodajas de 5 mm de espesor. Los tres productos descritos se congelaron a -38±2 °C durante 60 minutos (EYELA, Japón) y posteriormente se liofilizaron durante 32 horas a temperatura de -45°C con presión de 3,0±0,7 Pa (EYELA PRF-1000, Japón).

En fruta fresca y liofilizada se midió actividad de agua (AquaLab, USA), contenido de ácido ascórbico (RQflex,

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (Ec.1) \quad h_{ab} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (Ec.2)$$

$$E = \sqrt{(L_0^* - L_p^*)^2 + (a_0^* - a_p^*)^2 + (b_0^* - b_p^*)^2} \quad (Ec.3)$$

Alemania) y color (CIELab, L, a* y b*, Minolta, Japón). Se calculó el tono (h_{ab}) (ecuación 1), croma (C^*) (ecuación 2) y cambio total de color (ΔE) (ecuación 3).

Se utilizó un diseño unifactorial (producto de cocona liofilizado), con tres niveles, pulpa, pulpa+semilla y rodajas. Los resultados se analizaron mediante ANOVA. Los experimentos se realizaron por triplicado. Para establecer diferencias significativas entre medias se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad de $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observan valores de aw inferiores a 0,283 en los tratamientos liofilizados, lo cual indica que el producto es estable en el almacenamiento (Ayala *et al.*, 2010). No hubo diferencia significativa entre los valores de aw de los tratamientos liofilizados ($p > 0,0001$).

El contenido de ácido ascórbico en cocona fresca es similar a los valores reportados por Silva *et al.* (1999). La retención del ácido ascórbico en fruta liofilizada fue del 87,5%, 85% y 44,8% para pulpa, pulpa+semilla y rodajas respectivamente. Los porcentajes de retención de ácido ascórbico en pulpa y pulpa+semillas se encuentran dentro de lo reportado, la liofilización puede retener la cantidad de ácido ascórbico gracias a que el tratamiento se realiza con bajas temperaturas, obteniendo el mínimo deterioro de esta vitamina hidrosoluble.

La Tabla 2 muestra que los valores de L* de cocona liofilizada fueron superiores a los de cocona fresca, esto demuestra que el

producto liofilizado fue más claro (indicador de aceptabilidad en el mercado). No se evidenció diferencias significativas en el tono, lo cual indica que se conservó el color natural de la cocona. El croma se incrementó significativamente ($p < 0,0001$) en todos los tratamientos liofilizados respecto a la fresca, lo cual indica que las muestras liofilizadas presentaron mayor viveza y concentración del pigmento característico de la cocona. Con respecto al ΔE^* se evidenció que todos los tratamientos liofilizados se incrementaron significativamente ($p < 0,0001$) con respecto al fresco, sin embargo, entre los tratamientos las diferencias no fueron significativas.

Tabla 1. Actividad de agua y ácido ascórbico en cocona fresca y liofilizada. Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los valores de aw. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los valores de ácido ascórbico.

Muestras	L*	h_{ab}	C*	ΔE^*
Pulpa fresca	40,707 ± 0,357 ^A	0,766 ^a	4,652 ^e	
Pulpa liofilizada	78,410 ± 0,046 ^B	1,471 ^c	31,423 ^h	46,990 ± 0,301
Pulpa+semillas fresca	39,833 ± 0,341 ^A	0,760 ^a	4,674 ^e	
Pulpa+semillas liofilizada	84,240 ± 0,654 ^B	1,566 ^d	28,150 ^g	51,013 ± 0,720
Rodajas fresca	40,237 ± 0,255 ^A	0,860 ^b	6,361 ^f	
Rodajas liofilizadas	82,147 ± 0,622 ^B	1,560 ^d	33,622 ⁱ	50,994 ± 0,870

Tabla 2. Atributos de color de cocona fresca y liofilizada. Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los valores de L*. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los valores de tono (hab) y croma (C*).

Muestras	a_w Fresco	a_w Liofilizado	Acido ascórbico (mg/100 g de producto fresco)	Acido ascórbico (mg/100 g de producto liofilizado)
Pulpa	0,873 ± 0,003 ^A	0,283 ± 0,006 ^B	8,48 ^a	7,42 ^b
Pulpa+semillas	0,873 ± 0,002 ^A	0,207 ± 0,038 ^B	7,51 ^b	6,38 ^c
Rodajas	0,877 ± 0,004 ^A	0,250 ± 0,034 ^B	12,28 ^e	5,50 ^d

CONCLUSION

La liofilización de cocona genera productos altamente estables en el almacenamiento, debido a que presentaron aw menores a 0,4. Además, retiene un alto porcentaje de ácido ascórbico, incrementa la claridad (no pardeamiento), y la pureza de color (mayor viveza), y conserva el tono característico de la pulpa. La semilla en la pulpa no interfirió en los parámetros evaluados.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Centro Agropecuario de Buga CAB, SENA.

BIBLIOGRAFIA

- Agronet, 2006. Capítulo 6. Aspectos generales de la cocona. En: Agronet, <http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/764> 18 p.; consulta: octubre 2012.
- Ayala, A., L. Serna, y E. Mosquera. 2010. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Vitae*, 17(2): pp.121-27.
- Silva, D. *et al.*, 1999. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessifliformum* Dunal) da Amazônia. *CIÊNCIAS*, 18: p.08.
- Silva, M. *et al.*, 2010. Processamento e avaliação da farinha de cubiu em diferentes condições de armazenamento.

Estudio Cinético del Proceso de Acidificación en la Elaboración de Yogur Batido Asistido por Microorganismos Lácticos.

Kinetic Study of the Acidification Process Elaboration Yogurt Smoothie Aided Lactic Microorganisms.

José Libardo Tapiero Cuellar^{1,2}; Guillermo Salamanca Grosso¹

1 Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de los Alimentos. Universidad del Tolima.
2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Agropecuario de Buga. salamancagrosso@gmail.com jltapiero@gmail.com.

Resumen. El yogur es un producto fermentado con calidad final definida en términos de consistencia aroma y sabor (Reddy *et al.*, 2007). En este trabajo se evaluó la cinética de acidificación de leche en el proceso de fermentación ácido láctica, asistida mediante cultivos mixtos, con adición de sacarosa (100 g/L de producto). Se usó leche pasteurizada libre de antibióticos, que se inoculó con *Streptococcus thermophilus* y *Lb. Delbrueckii subsp. bulgaricus*. Los parámetros del proceso considerados fueron el tiempo de latencia (tLac), (upH/min), tiempo máximo de acidificación (tmax) y el sesgo entre los valores de (pH 4,0 - 5,0) upH/min. El tLac (valor de pH con reducción tras la inoculación), fue de 2,43 min. El tmax fue del orden de 315 min; la evolución del proceso a 42°C fue de (-0,007 upH/min). El sesgo pH (5,0-6,0) fue de (-8,14x10⁻³) upH/min. La relación pH-t fue de tipo cuadrático, el pH 0 fue de 6,73 que corresponde a 18°D. El comportamiento fue bimodal (acidez inicial A1 16,4°D; final A2 70,8°D; h1 0,02; h2 0,045, p 0,719; Logx01 110,8 y Log x02 266,3 r2 0,980). El trabajo se planteó como una referencia en la evolución de los parámetros indicadores de acidez y a la monitorización en procesos de elaboración de productos lácteos controlables mediante sistemas de automatización.

Palabras clave: Cinética, biotecnología, fermentación, lácteos, Procesos, Yogurt.

Abstract. Yogurt is a fermented product with the final quality in terms of consistency, aroma and flavor. Reddy *et al.* (2007). This paper has evaluated the kinetics of acidification of milk in the process of lactic acid fermentation, assisted by mixed cultures, with added saccharose 100 g/L of product. Pasteurized milk free of antibiotics was used, which was inoculated with *Streptococcus thermophilus* and *Lb. Delbrueckii subsp. bulgaricus*. The process parameters considered were latency time ((tLac)) (upH/min), maximum acidification time (tmax) and bias between values (pH 4.0-5.0) upH/min. The tLac (with reduced pH after inoculation), is 2.43 min. tmax is about 315 min, the evolution of the process at 42 °C is (-0.007 upH/min), the bias pH (5.0-6.0) is (-8.14x10⁻³) upH/min. The pH-t relationship is quadratic being the pH 0 6.73 that corresponds

to 18°D. The behavior is bimodal (initial acidity A1 16.4 °D; end acidity A2 70.8°D; h1 0.02, h2 0.045, p 0.719; Logx 01110.8 and x02 266.3 Log r2 0.980). The work is raised as a reference in the evolution of the parameters of acidity indicators and monitoring in elaboration processes by dairy products controllable through automation systems.

Key words: Kinetics. biotechnology. fermentation. dairy. processes. yogurt.

INTRODUCCIÓN

El yogur es un producto que exhibe propiedades funcionales, es de carácter ácido y aporta muchos beneficios para la salud. Además, aporta vitamina B12, ácido fólico, proteínas y minerales presentes en la leche utilizada durante el proceso (Berrocal *et al.*, 2002). Los microorganismos empleados en su elaboración desdoblán los carbohidratos haciendo mejor absorción de la lactosa (Cáceres *et al.*, 2010). Este trabajo plantea el estudio cinético del proceso de elaboración de yogur a través de un diseño experimental de mezclas con el propósito de obtener las condiciones óptimas de producción, facilitando la obtención a nivel piloto o semi-industrial, bajo parámetros controlados y estandarizados, utilizando (*Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) como flora iniciadora capaz de realizar una actividad antimicrobiana que inhibe patógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se usó leche entera de ganado Girolando. Esta se obtuvo por proceso mecánico a partir de 15 ejemplares, almacenándose en un tanque cisterna con sistema de refrigeración a 4°C.

Cultivo starter. Se utilizó una mezcla (1:1) de *Lactobacillus delbrueckii ss. bulgaricus* y *streptococcus salivarius ss. Thermophilus*, (entre 37 y 42°C, por espacio de 3 a 6 h), logrando alcanzar una acidez entre 0,8 y 1,4 mg de ácido láctico/L (pH entre 4,6 y 5,0).

Proceso. Se utilizaron 30 litros de leche para 15 muestras de 2 litros cada una. Se hizo mediciones por triplicado para los parámetros de acidez, pH, y °Brix, densidad, grasa y proteína. El producto se filtró (tamiz 38,5 μm), se adicionó sacarosa (100 g/L), y pasteurización a (85°C, 60s). Choque térmico hasta 15°C, e inoculación entre (37-45°C). El proceso de incubación se realizó en un periodo de 3 a 6 horas hasta acidez final 72°Dornic.

Cinética de reacción. Durante el proceso se realizaron mediciones de pH, °Brix y acidez titulable, en cada una de las muestras, con intervalos de 15 min, hasta condiciones finales del yogurt.

Diseño experimental. Se evaluaron 15 formulaciones de yogurt de 2 litros cada uno, considerando la temperatura de proceso (37-45°C), sólidos totales (23-25%), inóculo (1,5-4,0%) y sacarosa (10%). La estructura del diseño experimental se hizo sobre el modelo de superficie de respuesta usando Box-Behnken (derivación de diseño 3k de la superficie respuesta SR). Se usó el software Desing Expert™ 8.0. El modelo evaluado corresponde a un sistema cuadrático de la forma:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i X_i + \sum_{i=(j<1)}^4 \sum_{j=1}^4 b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^4 b_{ii} X_i^2$$

Donde Y es la respuesta evaluada; los términos β₀ es el intercepto; β_{ij} β_{ii} son constantes y representan los coeficientes de ajuste de la regresión cuadrática; las variables X_i y X_j son interacciones de primer orden entre X_i y X_j para (j < 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La leche utilizada en el proceso presentó un pH de 6,70 ± 0,03, acidez titulable de 17,00 ± 0,09 °Dornic y una densidad 1,030 g/cm³. En la elaboración del yogurt se presentó una fase latente representada por una leve caída del pH y un ligero aumento de la acidez, (Figura 1A y 1B).

Los microorganismos iniciadores se estabilizan durante los primeros 30 minutos, su crecimiento es exponencial; la lactosa se expone como sustrato apropiado facilitando la formación de ácido láctico en un tiempo inferior a 5h. No se observan diferencias significativas importantes en las diferentes combinaciones del diseño en relación al pH 6,0, que se alcanza en un tiempo entre 67 a 79 min; el proceso se hace significativo con la caída a pH 5,5 (193 a 216 min); el yogurt se obtiene entre 288 y 320 min de fermentación, siendo significativas las diferencias de acidez, que oscila de 68 a 72 °Dornic y pH entre 4,6 y 4,9 valores óptimos para finalizar el proceso.

A partir del diseño experimental se deduce que los parámetros óptimos para la elaboración de yogurt corresponde a una temperatura de proceso de 40,61°C, con 24% de sólidos totales y una proporción de 2,75% de microorganismos lácticos usados como cultivo starter. La sacarosa que se usó fue del 10,0% para cada una de las muestras analizadas. La disminución del pH se debe a que las bacterias ácido lácticas continúan su actividad metabólica produciendo ácido láctico lo que favorece la

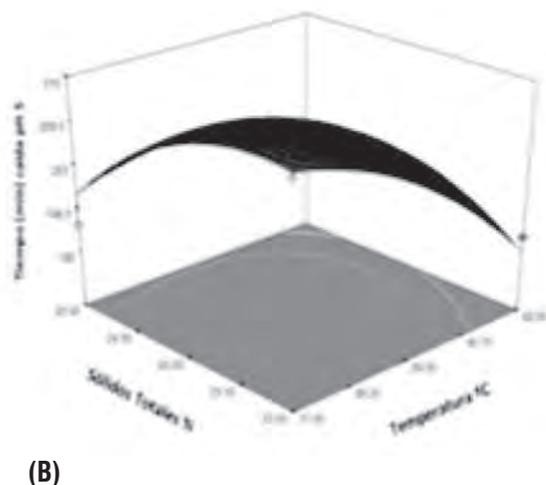
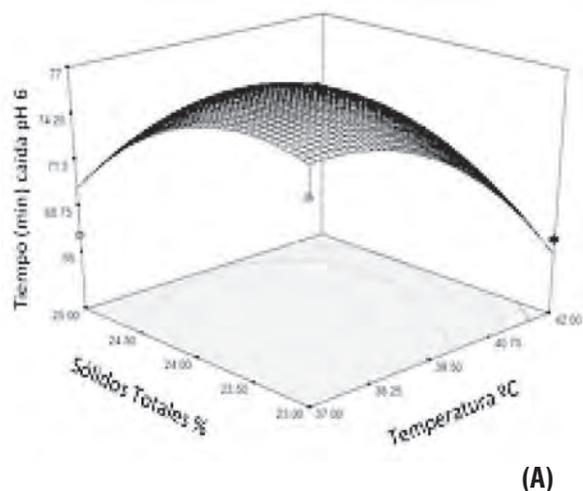


Figura 1. Superficie de respuesta de la relación tiempo de caída a pH 6,0 y (4,6-5,0).

acidificación del medio, alcanzando una acidez final de 70,5^oDornic. Cuando se presentan condiciones óptimas de proceso (Temperatura, sólidos totales y cantidad de inóculo), el tiempo de elaboración del yogur disminuye, debido a que hay mayor producción de ácido láctico.

CONCLUSIÓN

La industria láctea requiere procesos estandarizados que permitan exponer condiciones de calidad definidas en productos que son altamente perecederos y que requieren de buenas prácticas de manufactura y en este trabajo se estudió la cinética y evolución de leche entera usada como sustrato en la elaboración de yogur batido evaluando los cambios de pH y la acidez en el tiempo de proceso, utilizando un diseño de mezclas mediante superficie respuesta Box Behnken, posibilitando óptimos en la formulación final del producto.

BIBLIOGRAFIA

- Berrocal, D., M. Arias, M. Henderson and E. Wong. 2002. Evaluación de la actividad de cultivos probióticos sobre *Listeria monocytogenes* durante la producción y almacenamiento de yogur. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 52(4): 375-380
- Cáceres, R.P. and R.M. Gotteland. 2010. Probiotics in Chile: which are the strains and what are their effects on human health?. Revista Chilena de Nutrición 37(1): 97-109.
- Reddy, G., M. Altaf, B.J. Naveena, M. Venkateshwar and E.V. Kumar. 2007. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation. A review Biotechnol 26(1): 22-34.

Rendimiento de Aceite de Granos de Café Verde Obtenidos por Extracción con Líquido Presurizado

Oil Performance of Green Coffee Beans Obtained by Pressurized Liquid Extraction Process

Naila Albertina de Oliveira¹; Victor Moraes de Rossi²; Heber Cornélio Santiago³; Alessandra Lopes de Oliveira^{4*}

Resumen. El objetivo de este estudio fue optimizar el proceso de extracción del aceite de granos de café verde, utilizando la técnica con líquido presurizado (PLE). Granos secos de café verde, cultivar (cv) Catuaí Amarillo fueron utilizados. Para la optimización se utilizó el diseño central compuesto rotacional (DCCR) con dos variables. El mayor rendimiento obtenido fue de 9,78% en las condiciones de 70°C, tiempo estático de 8 min en 3 ciclos, lo que está representado en 45 min de extracción. En el proceso de optimización de la PLE en función del tiempo estático (TE) y temperatura (T) los valores más altos de estas variables llevan a un rendimiento mayor en la relación al aceite extraído.

Palabras clave: Solvente, optimización, tiempo, temperatura, DCCR.

Abstract. The aim of the study was to optimize the oil extraction process from green coffee beans, using the

technique of pressurized liquid (PLE). The dried green coffee beans, cultivar (cv) Catuaí Yellow, were used for pressurized liquid extraction in the study of process optimization using a central composite design (CCD) with two variables. The highest yield was 9.78% under the conditions of 70 °C and static time of 8 min in 3 cycles, which represents 45 min of extraction time. In the optimization study of the PLE as a function of static time (TE) and temperature (T), when higher is these variables values of, the higher is the oil-extracted yield

Key words: Solvent, optimization, time, temperature, CCD.

INTRODUCCIÓN

El café es una mezcla de muchas sustancias químicas como lípidos, vitaminas carbohidratos y compuestos nitrogenados. Los mayores componentes del café son la

cafeína, (cafestol (C) y kahweol (K)), ácido clorogénico y micronutrientes (Hamid y Rehman, 2014).

Actualmente, los diterpenos (cafestol (C) y kaweol (K)) han recibido mayor atención en las investigaciones, pues estudios demuestran que los esteres palmitato del C y K en sus tres formas actúan como antioxidantes además poseen propiedades anti-carcinogénicas y de protección contra la aflatoxina B1, que induce genotoxicidad (Chartier, 2013).

El objetivo de este estudio fue optimizar el proceso de extracción del aceite de granos de café verde, a partir de la técnica de extracción con líquido presurizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron granos verdes de café Arábica (*Coffea arabica*), cultivar (cv.) Catuaí amarillo de la cosecha 2013, producidos en la región de Jaú, São Paulo/Brasil.

Extracción PLE. Fue realizada en el Laboratorio de Tecnología de Alta Presión y Productos Naturales (LTAPPN), en la Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad de São Paulo (Brasil).

El procedimiento utilizado en la PLE de granos de café verde consistió en pesar 22 g de grano triturado acondicionado en el extractor de lecho fijo. El solvente

utilizado fue etanol (Ciclo Farma, Serrana, Brasil). En la extracción se utilizó un equipo con solvente acelerado ASE 150 (DIONEX, Sunnyvale, EUA), fijando valores de presión en 100 bar, el número de ciclos (3) y el volumen del solvente en el extractor (34 mL). Para la optimización del proceso, el tiempo estático (TE), tiempo que el solvente presurizado queda en contacto con la matriz entre un lote y otro, y la temperatura (T) fueron las variables estudiadas en el diseño experimental central compuesto DCCR. Los extractos fueron acondicionados en la celda de extracción de 34 mL de acero inoxidable. Los niveles y el diseño experimental de estos dos factores se presentan en la Tabla 1. Después de la extracción el solvente fue removido del extracto por evaporación, utilizando un rotovaporador (Yamato Rotary, RE-41, Tóquio, JP) acoplado a un baño térmico (MARCONI, MA-120, Piracicaba, SP) a 50°C con vacío.

El análisis estadístico de las respuestas fue realizado a partir de Statistica Trial versión 12, (statsoft.inc, Tulsa, USA), en el cual se obtuvieron los coeficientes de la regresión ajustada, se realizó el análisis de varianza ANOVA con su respectivo test F-fisher y coeficiente de determinación (R^2) y la superficie de respuesta ajustada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Matriz del diseño DCCR para dos variables (reales y codificadas) en el estudio del efecto de Temperatura (T) y Tiempo Estático (TE) en la optimización para PLE.

Prueba	T	TE	T (°C)	TE (min)	Rendimiento %
	Variables Codificadas		Variables Reales		
1	-1	-1	50	4	7,08
2	1	-1	70	4	6,60
3	-1	1	50	8	6,97
4	1	1	70	8	9,78
5*	0	0	60	6	7,45
6*	0	0	60	6	7,98
7*	0	0	60	6	7,22
8	+ α	0	46	6	7,23
9	- α	0	74	6	8,78
10	0	+ α	60	3	7,21
11	0	- α	60	9	8,60

* Puntos centrales del DCCR.

En la optimización de un proceso PLE, existen otros factores que podrían influir en el rendimiento y la composición del extracto obtenido. Sin embargo, en estudios anteriores Oliveira *et al.*, (2013), reportaron que dos de esos factores (TE y T), han demostrado mayor relevancia frente a los demás.

El rendimiento de los extractos en función de las variables TE y T fue evaluado por el análisis de regresión del DCCR y por la superficie de respuesta. En el análisis de los efectos de los factores TE y T sobre la variable respuesta, se observó que solo los efectos principales y su interacción (T×TE) fueron estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$) e influenciaron positivamente el rendimiento de la extracción, siendo mayor el efecto de la interacción entre las variables.

Los coeficientes de la regresión evaluados por análisis de varianza ANOVA que componen el modelo de primer orden (Ecuación 1) se ajustaron bien a los datos experimentales y pueden explicar el 95,4% de variación en la respuesta. Por su parte, los coeficientes que componen el modelo cuadrático analizado por ANOVA, no fueron significativas ($p > 0,05$), por tanto, se concluye que este modelo no es predictivo, ni estadísticamente significativo. La ecuación 1 describe el rendimiento de la extracción prevista por el modelo en función de los factores.

$$R = 7,583 + 0,583T + 0,768TE + 0,823T \times TE \quad [Ec. 1]$$

La superficie de respuesta generada por el modelo lineal o de primer orden (Ec. 1) muestra que los mejores rendimientos de los extractos de aceite de café verde

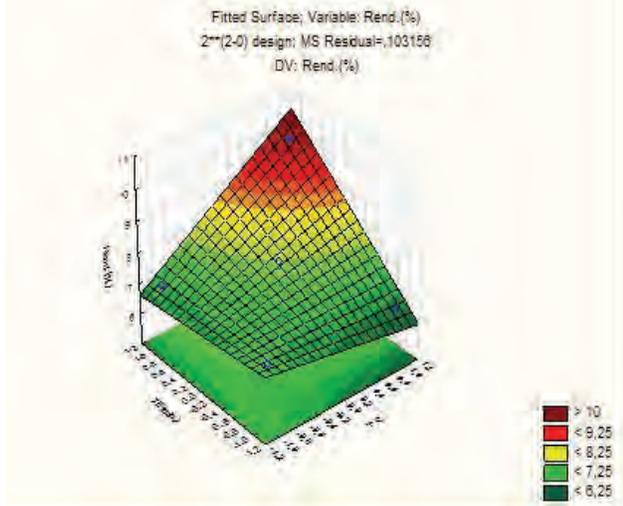


Figura 1. Superficie de respuesta generada por el modelo de primer orden.

obtenidos por PLE fueron alcanzados cuando se utilizaron elevadas temperaturas para mayores tiempos de contacto entre el solvente y la matriz (Figura 1).

CONCLUSIÓN

Los estudios de optimización del proceso de extracción con líquido presurizado demuestran que esta tecnología puede ser empleada en la obtención de extractos ricos en compuestos activos, como es el caso de aceite de café verde, en procesos industriales como una innovación tecnológica. El etanol fue el solvente empleado en este estudio por ser de fácil accesibilidad en Brasil y principalmente por ser considerado GRAS. En este estudio preliminar, se constató que los mayores rendimientos de extractos fueron obtenidos cuando se empleó temperaturas elevadas (70 °C) y mayores periodos de contacto en el extractor entre el solvente orgánico y la matriz correspondiente a los granos triturados (8 min).

AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen a la Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP).

BIBLIOGRAFÍA

- Chartier, A., M. Beaumesnil, C. Elfakir, S. Bostyn and A. Oliveira. 2013. Optimization of the isolation and quantitation of kahweol and cafestol in green coffee oil. *Talanta* 117: 102-111.
- Hamid, A.M., K. Rehman and S. Chen. 2014. Effects of coffee on type 2 diabetes mellitus. *Nutrition* 13:11-20.
- Oliveira, A., E. Destandau, L. Fougère and M. Lafosse. 2013. Isolation by pressurised fluid extraction (PFE) and identification using CPC and HPLC/ESI/MS of phenolic from Brazilian cherry seeds (*Eugenia uniflora* L.). *Food Chemistry* 145:522-529.

Elementos de Gestión Asociados al Proceso de Elaboración y Comercialización de Embutidos Blandos

Management of Elements Associated with the Process and Development of Marketing For softsausage

Cindy Tatiana Navas Navia¹; Guillermo Salamanca Grosso¹

¹ Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena Parte Alta. AA. 546. Ibagué Tolima Colombia. E-mail: cyndit.navas@gmail.com

Resumen. Los métodos modernos de producción de embutidos y carnes procesadas requieren de una aproximación técnica científica que permita la generación de nuevos productos. En la actualidad, los lugares dedicados al sacrificio de ganado bovino y porcino, se han propuesto diversificar sus servicios, como la comercialización de su propio ganado, ya sea en canal o en postas. En el proceso de desposte, cuando se divide la canal en sus diferentes cortes, también se genera una clase de carne que no ofrece grandes posibilidades de comercialización en fresco. En este trabajo se relacionan y describen condiciones para la implementación de un sistema de procesado para la generación de productos cárnicos bajo criterios BPM. En la implementación del sistema de procesado se evaluaron distintas formulaciones estructuradas sobre base de proteína animal y vegetal, contenido de grasa, adición de emulsificantes y sistema de empaçado. Los productos formulados corresponden a embutidos optimizados, que definen propiedades sensoriales de sabor, ternura y jugosidad, dureza, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad principalmente. Las operaciones de premezcla de materiales, es quizá uno de los parámetros de control estricto del proceso. La aproximación más relevante del trabajo se centra en el uso de formulación computarizada conociendo la composición de las premezclas usando el cuadrado de Pearson o a través de la solución de ecuaciones simultáneas.

Palabras clave: Alimentos. Cárnicos. Calidad. BPM. Procesado. Tecnología de alimentos.

Abstract. Modern methods of production of sausages and processed meats require technical scientific approach that allows the generation of new products. At present, the places dedicated to the slaughter of cattle and pigs have been proposed to diversify its services, the marketing of their own stock in either carcass or meat. In the deboning process, when the carcass is divided into different sections, a kind of meat that has great potential for marketing fresh is also generated. This paper describes and related the conditions to the implementation of a processing system for generating meat products under GMP criteria. In the implementation of the processing system for different formulations based structured

plant and animal protein, fat, emulsifiers and adding packing system were evaluated. Formulated products correspond to optimized sausages, defining sensory properties of taste, tenderness and juiciness, hardness, cohesiveness, adhesiveness, gumminess and chewiness mainly. Premix operations materials, is perhaps one of the parameters of strict process control. The most relevant approach work focuses on the use of computerized formulation knowing the composition of the premixes using the Pearson Square or through the solution of simultaneous equations.

Key words: Food, meat, quality, GMP, processed, food technology.

INTRODUCCIÓN

La agroindustrialización de nuevos productos alimentarios y la disponibilidad de métodos modernos para la producción de embutidos y carnes procesadas requieren de una aproximación técnica, que permita mantener la demanda de éste tipo de alimentos por parte de consumidores exigentes. El consumo de embutidos está asociado con aspectos culturales y tiene antecedentes históricos en países desarrollados.

La elaboración de embutidos ha permitido generar un mercado posicionado y competitivo, de productos inocuos de alto valor nutricional, siguiendo normativas y protocolos de calidad, teniendo como materias primas principalmente piezas de carne bovina o porcina, (Pereira, *et al.*, 2011; Jin, *et al.*, 2007). La preparación de embutidos depende de varias operaciones como, el nivel tecnológico de materiales y equipos utilizados en el proceso, la calidad de la carne, los procedimientos establecidos para su formulación, los sistemas de calidad y las condiciones de almacenamiento. En la actualidad, las plantas de beneficio de carne, propenden por la optimización de sus procesos productivos y la reducción de pérdidas, estableciendo programas de producción de cárnicos procesados, (Goodwin y Shoulders, 2013). En el proceso de sacrificio del ganado bovino o porcino y su posterior desposte, existen recortes de carne que no tiene una funcionalidad en el mercado, con la fabricación de los

embutidos y cárnicos procesados, se hace rentable y eficiente el uso de estas piezas y de la canal es su totalidad, generando que el mercado de estos sea efectivo. Al contar con la materia prima suficiente y una plaza establecida, no solo se suple una necesidad, si no que se abre la posibilidad de crear nuevos productos de alta calidad, instituyendo un beneficio para la industria, el sector y el consumidor, (Mamani-Linares, y Gallo, 2014).

El objetivo de éste trabajo se ha centrado en el desarrollo de un sistema de calidad, adecuando la infraestructura y el proceso de producción, considerando las condiciones de equipamiento, materiales y capacitación para el mejoramiento de formulaciones bajo los criterios de las buenas prácticas de producción y las disposiciones técnicas establecidas en la legislación colombiana, involucrando procesos de clasificación de materias primas, recepción, molido, mezclado, embutido, cocción, secado, refrigeración, empaque, almacenamiento y distribución de productos cárnicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación de Infraestructura y Equipos. Para ello se inició con la identificación del área útil para el proceso de producción y otros servicios, condiciones de acceso a la planta para el flujo de personal, cargue y descargue de materias primas y producto terminado, evaluación de líneas de alimentación y sistemas de drenado de aguas residuales, disposición y adecuación de la línea de producción.

Evaluación y desarrollo de formulaciones con soporte técnico. Al realizar la etapa anterior, se determinaron los productos a elaborar, chorizo, salchichón, hamburguesa y tocineta, de esta manera se efectuó el cálculo de las

formulaciones para embutidos blandos y precocidos, pruebas y evaluación sensorial, determinación de las características organolépticas finales.

Implementación BPM. Para el funcionamiento de la planta fue necesario adecuar un sistema de calidad para el control de factores que pueden afectar la inocuidad del producto. Se implementó un sistema de BPM y adoptaron políticas de la metodología 5S´s.

Proceso de Producción. Luego de determinar las formulaciones de los productos a producir, se inicia con la selección sistema de producción más eficiente, que se adapte a los equipos, infraestructura y variables. Quedando el siguiente esquema de operación: Selección de la materia prima, Adecuación de los ingredientes, Molido, Mezclado, Embutido, Amarrado o clipeado, Cocción, Secado, Enfriamiento, Refrigeración, Empaque al vacío, y Almacenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Área de proceso y servicios. En la identificación realizada, se observó que el espacio disponible para la producción, cuenta con una distribución para las áreas de proceso y de servicios, organizadas así: zona de procesos, comprende 300m² que se distribuye en 7 secciones, las cuales se muestran en la Figura 1. Cada una de estos espacios cuenta con pisos, paredes, drenajes y ventilación, elaborados según legislación colombiana. Además cada uno de los espacios de la planta cuenta con las condiciones de frío requeridas para el proceso. Zona de servicios, la planta posee un fácil acceso vehicular y peatonal. En cada una de los cuartos se encuentran ubicados los equipos de producción que se disponen de acuerdo con su funcionalidad. La organización

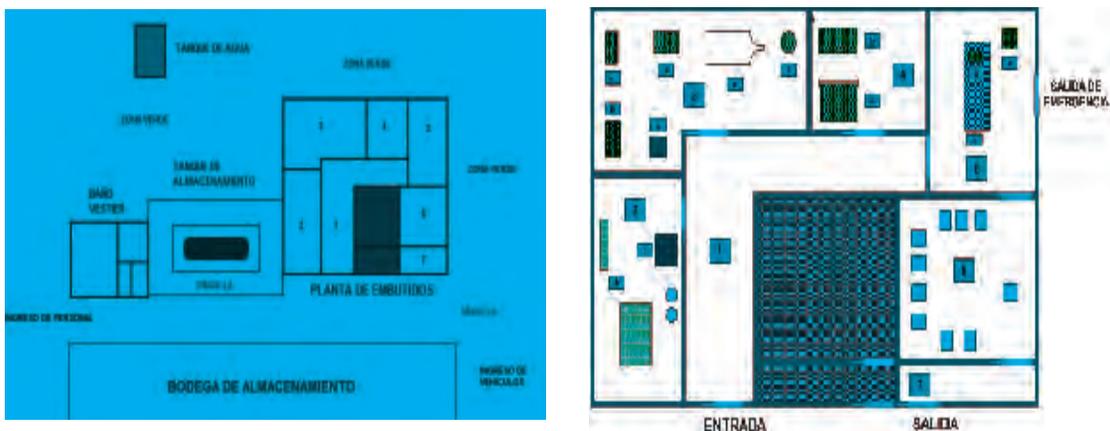


Figura 1. Infraestructura interna y externa en planta de elaboración de productos cárnicos y diagrama general de disposición de espacios asociados a planta procesadora de productos cárnicos.

del sistema de producción, se hizo con el objetivo de evitar pérdidas en los tiempos y movimientos del operario y el aprovechamiento de los espacios. En la figura 1, se muestra la disposición de espacios e infraestructura asociados a la planta procesadora de productos cárnicos.

Formulación de los Productos. Para la obtención de estos procesados cárnicos y cumplir con los requerimientos legales, se usó el cuadro formulador, las distintas pruebas

sensoriales y fisicoquímicas aplicadas a cada uno; como por ejemplo, para la elaboración del chorizo, se usó proteína cárnica y vegetal, con adición de grasa, fosfato, ácido ascórbico y conservantes, se buscó que este fuera un producto magro, con un contenido graso del 20 al 40 %, en proporción al contenido de carne total. La relación de componentes y aditivos en las formulaciones optimizadas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de componentes y aditivos en formulaciones optimizadas.

Componente	Chorizo		Salchichón		Hamburguesa		Tocineta	
	Fracción	Total	Fracción	Total	Fracción	Total	Fracción	Total
XPC	07,24	7,24	10,00	10,0	12,00	12,0	7,40	7,40
XPV	03,74	11,00	04,91	14,9	3,10	15,1	-	7,40
XG	25,00	36,00	13,30	28,2	13,90	29,0	30,00	37,40
XAL	0,80	36,80	1,05	29,3	3,80	32,8	-	37,40
Polifosfatos	0,53	37,30	0,50	29,8	0,52	33,3	0,44	37,80
XNaCl	2,64	40,00	2,50	32,3	2,50	35,8	3,42	41,20
XET	0,06	40,00	0,08	32,3	-	-	0,08	41,30
XW	47,90	87,90	57,60	90,0	61,20	97,0	51,19	92,50

(XPC) Proteína cárnica; (XPV) Proteína vegetal; (XG) Grasa; (XAL) Almidones; (XPP) Polifosfatos; (XNaCl) Sal (XET) Eritorbato y (XW) Humedad.

Sistema de inocuidad y calidad. Para la implementación del sistema de inocuidad y calidad de la planta, inicialmente se realizó una caracterización de la Planta de embutidos, para identificar los puntos a controlar en el interior y exterior de las instalaciones. Primeramente se creó el programa de limpieza y desinfección, posteriormente se organizó el control integrado de plagas para hacer una disposición de las trampas, programación fumigaciones de acuerdo a los insectos identificados en el área. El programa de manejo de residuos sólidos se basa en el procedimiento general de la empresa implicada en el desarrollo de los productos cárnicos.

CONCLUSIÓN

La implementación de un sistema de procesado para la generación de productos cárnicos (chorizo, costilla ahumada de cerdo y cordero, salchichón, hamburguesa y tocineta) permitió el aprovechamiento de los subproductos de la industria cárnica. Los productos formulados corresponden a embutidos optimizados, que definen propiedades sensoriales de sabor, terneza y jugosidad, dureza, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad principalmente. La búsqueda de la satisfacción del cliente o consumidor, es la motivación de

entregar producto seguros, lo que se logra con el conjunto de actividades y la planificación de un proceso productivo inocuo, sustentado en la normatividad vigente y regido por los entes encargados, que garantizan la confiabilidad del cualquier alimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Adegbaju, S. and S. Abiola. 2001. Effect of substituting pork backfat with rind on quality characteristics of pork sausage. *Meat Science* 58(4):409–412.
- Goodwin, J.N and C.W. Shoulders. 2013. The future of meat: a qualitative analysis of cultured meat media coverage. *Meat science* 95(3):445–450.
- Guàrdia, M.D. *et al.* 2006. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. *Meat science* 73(3):484–90.
- Jin, S.K. *et al.* 2007. The development of sausage including meat from spent laying hen surimi. *Poultry science* 86(12):2676–2684.
- Mamani-Linares, L.W and C.B. Gallo. 2014. Meat quality, proximate composition and muscle fatty acid profile of young llamas (*Lama glama*) supplemented with hay or concentrate during the dry season. *Meat science* 96(1):394–399.

Efecto de la Concentración en la Clarificación de Hidrolizados de Almidón (yuca) Utilizando Membranas Cerámicas

Concentration Effect in Clarification Process of Cassava Starch Hydrolysates Using Ceramic Membranes

María Acevedo Estupiñan¹; Carlos O. Parra Escudero¹ y Carlos J. Muvdi-Nova^{2*}

¹ Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander (UIS), Cra. 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia.

² Profesor Escuela de Ingeniería Química, Ph.D., Msc., Universidad Industrial de Santander (UIS), Cra. 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: cjmuvi@uis.edu.co

Resumen. El efecto de la concentración de hidrolizados de almidón de yuca obtenidos mediante hidrólisis enzimática, sobre la permeabilidad durante filtración con membranas fue analizado. La filtración se realizó utilizando un piloto compuesto por un tanque enchaquetado, bomba de alimentación y módulo membranario; la presión se controló con una válvula a la salida del módulo. Se evaluaron membranas con diferentes tamaños de poro, utilizando un diseño factorial 22 evaluando dos niveles de concentración (20 y 40% p/v). Se midieron los caudales obtenidos para el retenido y el permeado. Las muestras obtenidas se analizaron para evaluar la calidad del permeado (turbidez, cantidad de proteína, contenido de materia seca y °Brix). Los resultados obtenidos mostraron la posibilidad de utilizar membranas con diámetro de poro de hasta 0,8 µm, aumentado hasta en 5 veces la productividad (turbidez < 1%) para concentraciones de almidón hasta del 40% p/v.

Palabras clave: Sangre bovino, filtración, membranas

Abstract. Concentration effect of cassava starch hydrolysates obtained by enzymatic hydrolysis, concerning of permeability during membrane filtration was analyzed. Filtration was developed using a pilot composed by a jacketed tank, a feeding pump and a membrane carter; pressure was controlled with a valve placed at the end of the module. Membranes with different cut-off size and hydrolysates with two concentration levels (20 and 40% w/v) were analyzed with a factorial design 22. Flows obtained for retentate and permeate were measure. The samples obtained were analyzed to assess permeate quality (turbidity, retained protein, dry matter content and °Brix). Results showed the possibility of use membranes with a cut-off up to 0.8 µm; increasing up to 5 times productivity (turbidity < 1%), for starch concentration up to 40% w/v.

Key words: Bovine blood, filtration, membranes

INTRODUCCIÓN

Los jarabes de glucosa son ampliamente utilizados en la industria de alimentos. Sin embargo, existen cuellos de botella en su esquema, que limitan su producción; uno ellos se encuentran en la etapa de clarificación. Actualmente, se estudian técnicas de filtración con membranas para la clarificación de los hidrolizados. El estado del arte evidencia el uso de membranas principalmente de 15 k Da el diámetro de poro (Castellanos *et al.*, 2004; Ruiz., 2009) y concentraciones de almidón inferiores al 20%p/v (Castellanos *et al.*, 2004; López *et al.*, 1997.; Ruiz., 2009). Al trabajar con membranas de diámetro de poro pequeño con soluciones poco concentradas presenta dos desventajas: baja productividad y mayor costo energético para la concentración de las soluciones. No existen estudios que analicen el efecto del tamaño de poro sobre la etapa de clarificación con soluciones a concentraciones superiores al 20% p/v. Es por esto que el objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto del diámetro de poro de la membrana y de la concentración de almidón sobre la productividad y las características del hidrolizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La concentración de proteínas se determinó por Bradford y espectrofotómetro Genesys 20 ThermoSpectronic®. La turbidez fue determinada utilizando un turbidímetro Hach 2100Q® según USEPA 180.1. La permeabilidad fue determinada pesando el permeado obtenido en un tiempo determinado con una balanza analítica OHAUS. El %materia seca según la norma A.O.A.C. 1980. Los °Brix se determinaron con un refractómetro Fisher No. 1396470C de 0-90%. Los hidrolizados de almidón, utilizados en las pruebas de filtración, se prepararon a partir de 6L de una solución de almidón de yuca (a 20 y 40%p/v). Los parámetros de operación de la hidrólisis son los reportados por Ruiz, (2009). La clarificación de los hidrolizados se llevó

a cabo en un piloto de acero inoxidable (10L) compuesto por un tanque encaquetado, una bomba de desplazamiento positivo y el módulo membranario. La presión transmembrana (Δ PTM) se fijó con una válvula globo ubicada a la salida del módulo membranario. El retenido fue recirculado al tanque de almacenamiento, mientras el permeado se recuperaba. Se evaluaron membranas con diferentes tamaños de poro, utilizando un diseño factorial 22 evaluando dos niveles de concentración (20 y 40% p/v).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los resultados de las permeabilidades obtenidas con los diferentes diámetros de poro evaluados, a los 10 y 30 min, y para las concentraciones de almidón hidrolizado del 20 y 40% p/v. De esta figura se pueden observar pérdidas de permeabilidad en todas las membranas. Evidenciando una mayor colmatación en las membranas al aumentar el diámetro

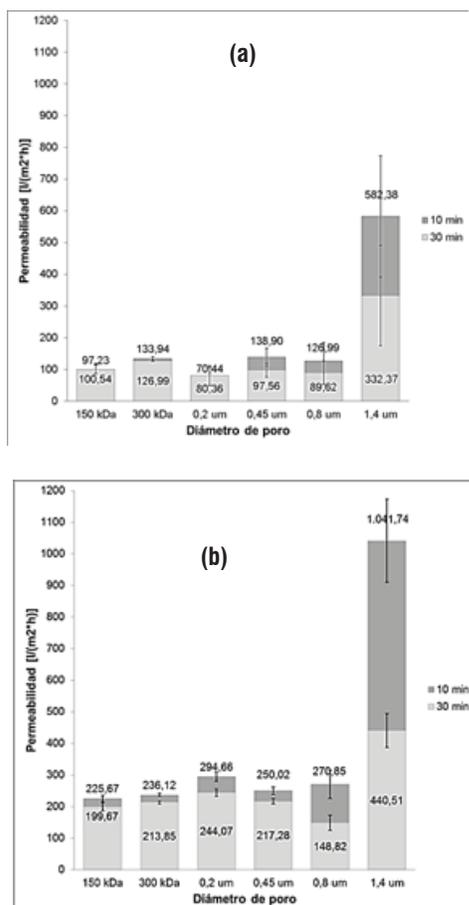


Figura 1. Permeabilidades de hidrolizados sacarificados a los 10 y 30 min para membranas de 150 y 300 kDa, y 0,2; 0,45; 0,8 y 1,4 μ m, realizadas a 70°C con Δ PTM de 1,5 bar y pH 2,5 para a) 20% p/v y b) 40% p/v de almidón hidrolizado.

de poro. Al respecto, Gaouar *et al.*, (1998) encontró que en todos los casos, después de un periodo transitorio inicial, el flujo de permeado disminuye con el tiempo y esta disminución es más importante a mayor tamaño de poro. Aunque los flujos de permeado obtenidos para 20% son mayores que para 40% p/v, las pérdidas de permeabilidad son mayores para la solución menos concentrada (entre 25 y 71% de pérdida para las permeabilidades a los 30 min).

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos al evaluar los diferentes diámetros de poro para turbidez, en las concentraciones de 20% y 40% p/v de almidón hidrolizado. En esta figura se aprecia que la clarificación obtenida con los diferentes diámetros de poro es efectiva, pues se alcanzó una disminución de más del 98,9% en todas las membranas (excluyendo la de 1,4 μ m con 89%), para las dos concentraciones evaluadas.

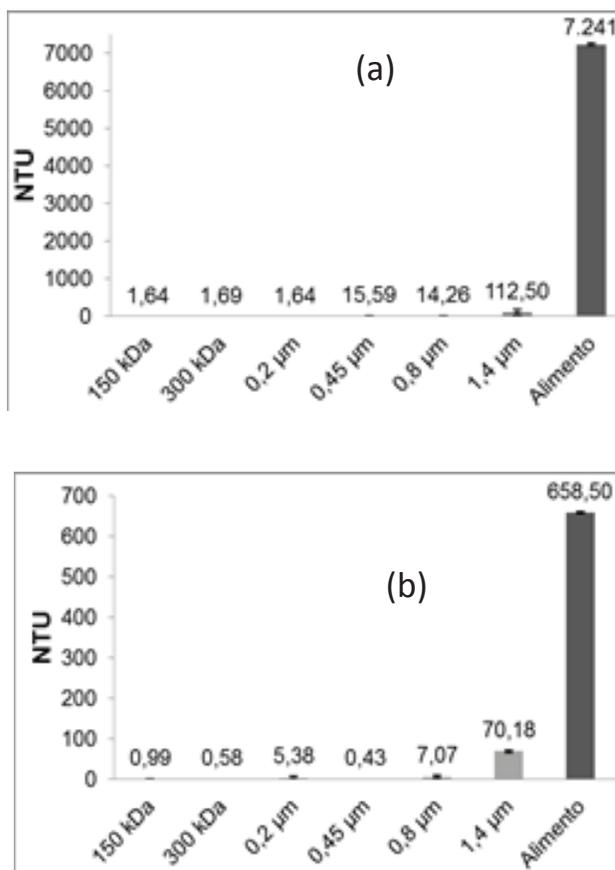


Figura 2. Comparación de la turbidez entre la muestra de alimento y las de permeado filtrado con membranas de 150, 300 kDa y 0,2; 0,45; 0,8 y 1,4 μ m con concentración de almidón a) 20% p/v y b) 40% p/v de almidón hidrolizado.

Todas las membranas evaluadas presentaron un %retención de enzima superior al 90%; excepto para la membrana de 1,4 μm que obtuvo un %retención de 7,6% y de 79,3% para concentraciones de alimentación de 20 y 40%p/v de almidón hidrolizado. Los °Brix y % materia seca no presentan variación significativa con el diámetro de poro y fueron similares a los de la alimentación (para las dos concentraciones evaluadas).

Los resultados obtenidos indican que es posible mejorar la producción de hidrolizados de almidón al utilizar una membrana con un diámetro de poro de hasta de 0,8 μm (principalmente se usan diámetros de hasta 15 kDa). Esto aumentaría el flujo de permeado hasta en 5,2 veces lo obtenido con una membrana de 15 kDa, sin que ello conlleve a una pérdida significativa de la calidad del permeado.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que el aumento en la concentración de almidón a 40% p/v disminuye la caída de permeabilidad con el tiempo, obteniendo a los 30 min de hidrólisis flujos similares a los de 20% p/v con mayor % glucosa. Además, el efecto de aumentar el diámetro de poro influye de manera positiva la productividad ya que aumenta la cantidad de permeado obtenido, mejorando la eficiencia del proceso. Las características de los hidrolizados no se ven afectadas significativamente con el aumento del diámetro de poro. Los °Brix y el %materia seca no cambian, la turbidez y el grado de retención son superiores al 99% y 90% respectivamente.

Esto abre la posibilidad de trabajar con membranas de microfiltración con diámetro de poro hasta 0,8 μm , sin reducir la calidad del permeado y aumentando la productividad hasta en 5,2 veces. Con esta membrana (0,8 μm) se encontraron permeabilidades entre los 90-127 $[\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})]$, con turbidez de 0,2% y % retención de enzima de 97,88%

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander, a Promitec S.A.S y al Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo, que hace parte del proyecto titulado “Aumento de la productividad de concentrados de jarabes de glucosa obtenidos a partir de hidrolizados de almidón de yuca por métodos no convencionales” (cód. VIE9417).

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos, O., G. Cruz, G. González y A. Rentería. 2004. Alternativas para la calificación de jarabe de glucosa obtenido por hidrólisis enzimática del almidón. *Ingeniería e Investigación*. 55: 8-21
- Gaouar, O., N. Zakhia , C. Aymard and G. M. Rios. 1998. Production of maltose syrup by bioconversion of cassava starch in an ultrafiltration reactor. *Industrial Crops and Products* 7(2-3): 159-167.
- Grzeoekowiak, A. and L. Sloinska. 2005. Continuous potato starch hydrolysis process in a membrane reactor with tubular and hollow-fiber membranes *Desalination*. 184(1-3), 105-112.
- Grzeoekowiak, A. and L. Sloinska. 2007. Saccharification of potato starch in an ultrafiltration reactor. *Journal of Food Engineering* 79(2) : 539-545.
- López, Ulibarri, R and G. Hall. 1997. Saccharification of cassava flour starch in a hollow fiber membrane reactor. *Enzyme Microbial Technology* 21(6):398-404.
- Mameria, N *et al.* 2000. Enzymatic saccharification of olive mill solid residue in a membrane reactor. *Journal of Membrane Science*. 178(1-2): 121-130.
- Ruiz Camacho M. 2009. Obtención de jarabes de glucosa a partir de almidón de yuca por medio de hidrólisis enzimática, para ser usados como sustrato en la producción de bioetanol. Tesis Química. Facultad de Ciencias . Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Slominska, L. and J. Niedbach. 2009. Study on the influence of the so-called filtration enzyme action on the membrane filtration process of wheat starch hydrolysates. *Desalination*.

Aplicación de Microfiltración y Ultrafiltración para la Clarificación y Fraccionamiento de Sangre de Bovino Cruda

Application of Microfiltration and Ultrafiltration to Clarification and Separation of Bovine Blood

Julieth S. Acosta-Camacho¹; Silvia N. Rios-Morales¹; Carlos J. Muvdi-Nova^{2*}

¹ Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander (UIS), Cra. 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia.

² Profesor Escuela de Ingeniería Química, Ph.D., Msc., Universidad Industrial de Santander (UIS), Cra. 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: cjmuvdi@uis.edu.co

Resumen. En Colombia se sacrifican anualmente cerca de cuatro millones de cabezas de ganado vacuno, que representan aproximadamente 45000 ton de sangre. El 53% de dicha cantidad, comúnmente se vierte en cauces hídricos generando contaminación ambiental y desperdiciando el potencial nutricional presente en dicho subproducto. Se estudió la filtración con membranas con el fin de ampliar los conocimientos del efecto del diámetro de poro y la permeabilidad en el tiempo en las características fisicoquímicas de los permeados. Para esto se realizaron filtraciones con membranas cerámicas TAMI® de distintos diámetros de poro. Se encontró que el diámetro de poro es una variable significativa en las propiedades fisicoquímicas de los permeados, al disminuir este parámetro los contenidos de materia seca y proteínas también disminuyen. Se evidenciaron pérdidas de permeabilidad de hasta 60% para membrana de 150 kDa con respecto a las de mayor diámetro de poro. El permeado seco presentó alto porcentaje de cenizas (87% p/p) y de proteínas (7,7% p/p), que permite considerarlo para estudios futuros de valorización como aditivo para la industria alimenticia.

Palabras clave: Sangre bovino, filtración, membranas

Abstract. Annually in Colombia are being slaughtered about four million of cattle, representing approximately 45000 ton of blood. Commonly, the 53% of this amount is poured into water resources causing environmental contamination and wasting the nutritional potential present in this by-product. The membrane filtration was studied in order to extend the knowledge of the effect of the pore diameter and permeability in time in the physicochemical characteristics of permeates. This filtration is made with TAMI® ceramic membranes of different pore sizes. It was found that the pore diameter is a significant variable in the physicochemical properties of permeate, contents of dry matter and protein decrease with pore diameter. There was evidence of loss of permeability up to 60% for membranes of 150 kDa in comparison with bigger pore diameter membranes. The dry permeate had a high percentage of ash (87% w/w) and protein (7.7% w/w).

This allows considering for future studios of valuation as an additive for food industry.

Key words: Bovine blood, filtration, membranes

INTRODUCCIÓN

Según estadísticas del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en Colombia se sacrifican anualmente cerca de cuatro millones de cabezas de ganado vacuno. Dichas cabezas de ganado representan aproximadamente 45000 Ton de sangre, que comúnmente son vertidas a los cauces de los ríos, desperdiciando todo su potencial nutricional (17,3% p/p de proteínas; 0,23% p/p de lípidos; 0,007% p/p de carbohidratos; 0,62% p/p de minerales y 80,9% p/p de agua) (Duarte *et al.*, 1999); además de contaminar fuentes hídricas por el aumento de la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Silva, 2007). El proceso más utilizado para tratar la sangre de bovino, es el secado a altas temperaturas para la obtención de harina de sangre; que por sus características (fuerte olor y sabor) solo puede ser usada para la elaboración de concentrados alimenticios para animales (Silva y Chocontá, 2007; Bizzotto *et al.*, 2005). En este trabajo se utilizaron la microfiltración y ultrafiltración para la separación de soluciones provenientes de sangre de bovino. Se decidió aplicar dichas técnicas porque permiten trabajar con sustancias sensibles a la temperatura, a bajos requerimientos de energía, son amigables con el medio ambiente y de fácil limpieza y mantenimiento (Monroy, 2013; Kokkora *et al.*, 2012). A través de estas técnicas se ha logrado separar la fracción celular del plasma bovino por medio de microfiltración y analizar la productividad del proceso a través de las permeabilidades (Kokkora *et al.*, 2012). De la misma manera, se ha utilizado la ultrafiltración como método para concentrar y desmineralizar el plasma de bovino para posterior uso como ingrediente alimenticio (Rodríguez *et al.*, 2009). De acuerdo con la revisión bibliográfica se observa que no existen estudios sobre la colmatación en el tiempo, ni de la influencia del diámetro de poro en las características del permeado durante la filtración de sangre de bovino. Por dichas razones, el presente trabajo tuvo como objetivos estudiar la influencia del diámetro de poro de las membranas sobre la

permeabilidad y las características de los filtrados obtenidos y analizar los cambios que pueden generarse en estos debido a la colmatación de las membranas. Los resultados dan información importante sobre la calidad de los filtrados obtenidos y la productividad de esta operación de filtración, y entregan resultados que pueden servir de base para esquemas de valorización posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sangre de Bovino con 1% (v/v) de citrato de sodio como anticoagulante, Membranas cerámicas α -lúminamonocanal TAMI®, Alcalasa® 2,4 L NOVOSYMES, hipoclorito de sodio PA. 15%, NaOH PA., HCl 37%, azul de coomasie G-250, etanol al 99,9%, albúmina de suero bovino MERCK, ácido orto fosfórico 85%, n-hexano y Citrato de sodio grado alimenticio. La permeabilidad se determinó midiendo los caudales de permeado en un tiempo determinado (Benavente *et al.*, 2000). La proteína fue determinada por Bradford. % Materia seca por AOAC 950.46 B. Ed. 18: 2005. % Cenizas por AOAC 920.153 Ed 18: 2005. % Lípidos por NTC 1662: 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los porcentajes de materia seca, proteína, cenizas y permeabilidades de los permeados resultantes del estudio del diámetro de poro para sangre cruda. En ella se observa que, al disminuir el tamaño de poro de las membranas, disminuye el porcentaje de materia seca, reduciendo principalmente el contenido de proteínas en los permeados (Figuras 1(a) y 1(b)). Adicionalmente, no existe una diferencia entre la cantidad de materia seca y proteínas de los permeados con membranas de 300 y 150 kDa. Esto se atribuye a que las dos membranas están reteniendo moléculas de similar tamaño molecular.

El contenido de cenizas fue similar en todas las membranas estudiadas, lo que permite concluir que el diámetro de poro no afecta este parámetro. Respecto a la permeabilidad, se observa que ésta disminuye con el tamaño de poro evaluado. Igualmente se evidencian variaciones en las permeabilidades para todas las membranas durante los primeros 30 min (40%, 53%, 53% y 60% para las membranas de 0,45 μ m; 0,2 μ m; 300 kDa y 150 kDa, respectivamente). Este fenómeno también fue experimentado por

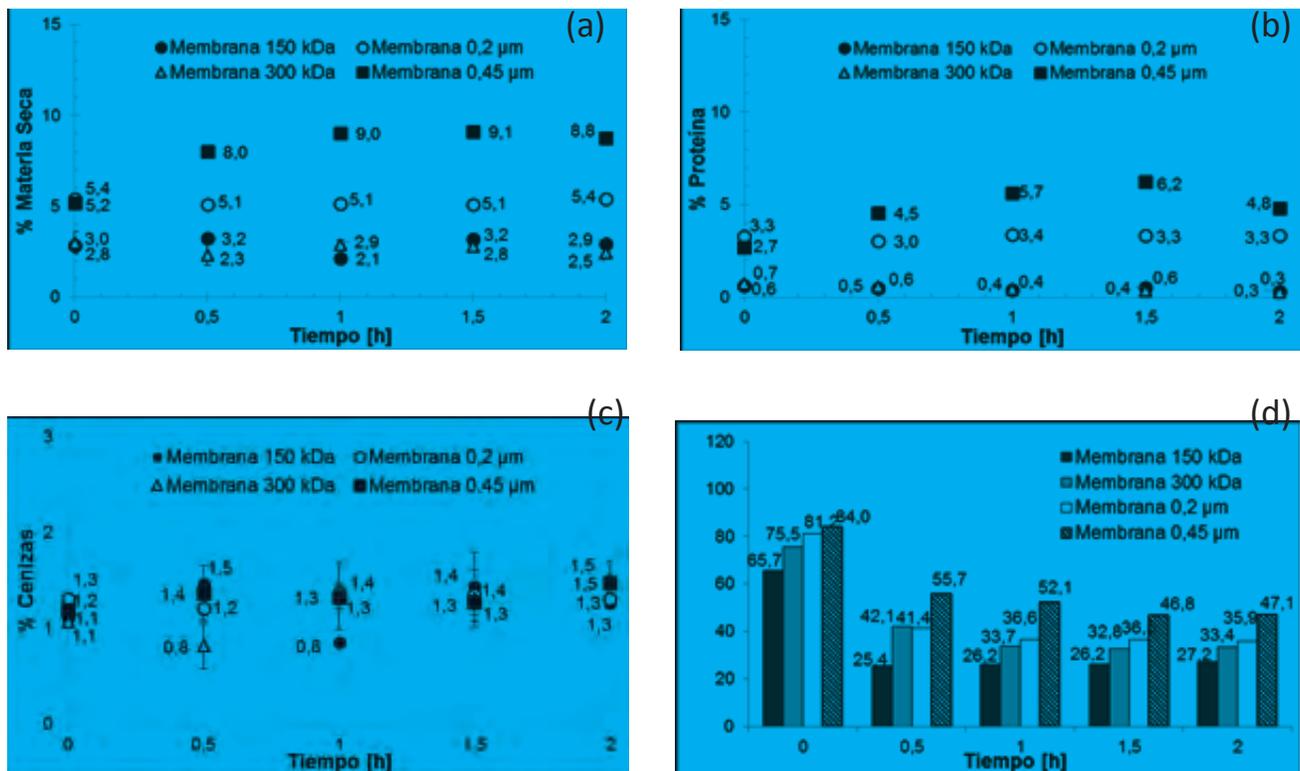


Figura 1. Análisis realizados a permeados de membranas de 0,45 μ m, 0,2 μ m, 300 kDa y 150 kDa obtenidos al filtrar sangre de bovino cruda a 20°C, 1 bar de Δ PTM y velocidad de alimentación de 13 m/s durante 2 h. (a) %materia seca. (b) %proteína. (c) %cenizas. (d) Permeabilidad. % en p/p.

Prieto *et al.*, (2005), donde se reportaron pérdidas de permeabilidad de hasta un 45% para membranas de fibra hueca de polisulfona de 0,2 μm , utilizando únicamente agua cruda (pérdida asociada con el contenido de materia orgánica en el fluido y la presión de trabajo). Otros factores que también podrían intervenir estarían relacionados con el tipo de membrana utilizada (geometría y material) (Akthakul, 2002). Al comparar los resultados del presente estudio con los obtenidos por Kokkora *et al.*, (2012), quien utilizó una membrana cerámica tubular de 0,2 μm , se encuentran diferencias importantes, principalmente en la permeabilidad. Kokkora *et al.*, (2012) reporta flujos de filtrado para la sangre cruda de 6,6 L.h⁻¹.m⁻², que difiere notoriamente al obtenido en el presente estudio (37,6 L.h⁻¹.m⁻²). Esta diferencia es atribuida a la presión de operación (2,5 bar en el estudio de Kokkora *et al.*, (2012)), al tipo de membrana utilizada y al régimen de flujo utilizado. En términos de la composición Kokkora *et al.* (2012) reporta materia seca 5,19% p/p y proteína 6,49% p/p. El presente trabajo encontró un mayor contenido de materia seca para el plasma de bovino (materia seca 10,3% p/p y proteína 6,49% p/p).

La Figura 2 presenta los resultados para materia seca, cenizas, proteínas y permeabilidad de los permeados obtenidos con membranas de 300 kDa y 5 kDa durante 14 h de filtración. Al compararlos se observa que no existe diferencia en los porcentajes de materia seca, cenizas y proteínas. Estos valores representan una retención de materia seca de 70% p/p para membrana de 5 kDa y 80% p/p para membrana de 300 kDa y de proteína de 98% p/p para ambas membranas. Para las cenizas, el %retención correspondería a un 18% p/p para ambos casos. Sobre la permeabilidad se observa que la membrana de 300 kDa presenta flux de permeado en general 5,2 más grandes que para la membrana de 15 kDa (75,1 y 13,4 L.h⁻¹.m⁻² para membrana de 300 y 15 kDa, respectivamente).

El análisis fisicoquímico del permeado obtenido con membrana de 300 kDa a 50°C muestra un contenido de proteínas (7,7 \pm 0,34 %p/p), cenizas (87,3 \pm 0,35% p/p), entre ellos el hierro (158,6 mg/100g) y bajo contenido de grasas (0,12% p/p \pm 0,01).

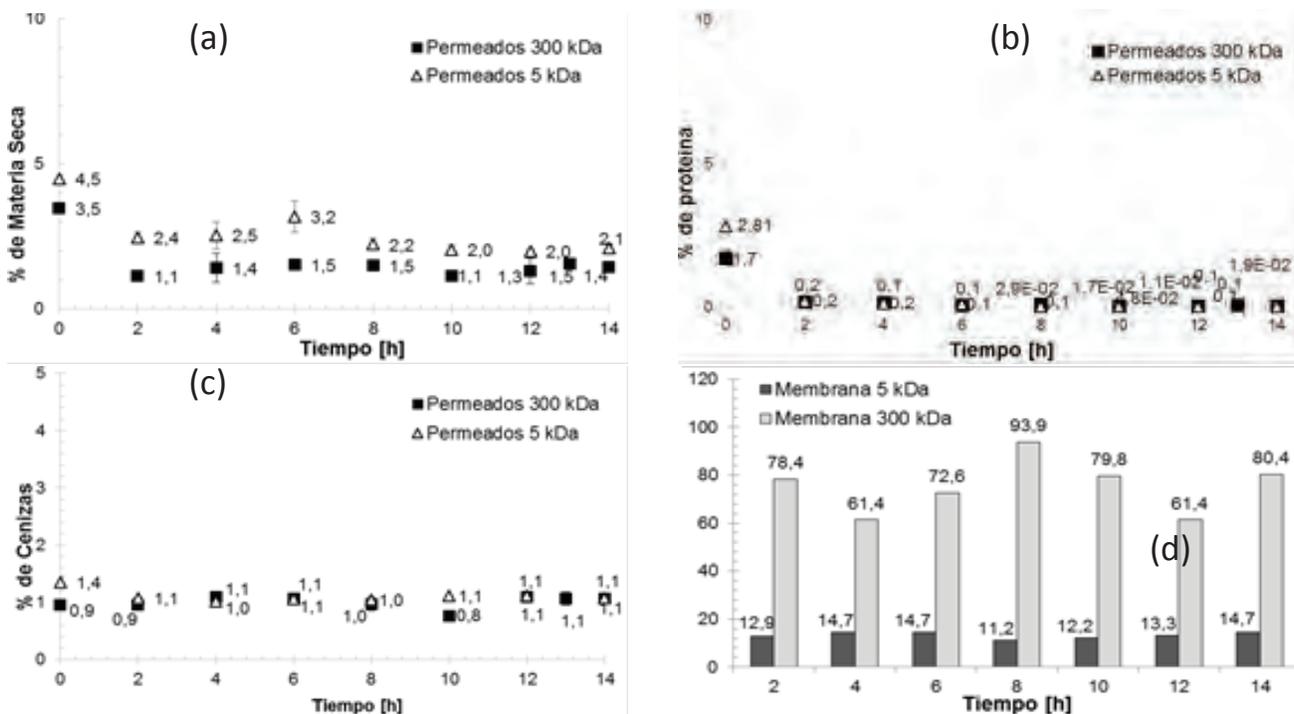


Figura 2. Composición de los permeados con membrana de 300 kDa y 5 kDa obtenidos al filtrar sangre de bovino cruda prefiltrada con membrana de 0,45 μm , a 12°C, 1,5 bar de ΔPTM y velocidad de alimentación de 13 m/s durante 14 h. (a) %materia seca. (b) %proteína. (c) %cenizas. (d) Permeabilidad.% en p/p.

CONCLUSIONES

En el estudio del efecto del diámetro de poro sobre las características de sus permeados, se pudo concluir que esta variable condiciona las características fisicoquímicas de éstos; ya que al disminuir el

tamaño de poro, aumenta la retención de proteína por la membrana (retención comenzando en 71% para membranas de diámetro de poro de 0,45 μm hasta retención de 97% para membrana de 150 kDa). Para el estudio de la permeabilidad en el tiempo, se presentó

en promedio una retención de materia seca de 75% y de proteínas de 98% durante las 14 h de filtración, para las membranas de 300 y 5 kDa; con flux de permeado para membrana de 300 kDa, en general 5,2 más grandes que para la membrana de 15 kDa (75,1 y 13,4 L.h⁻¹.m⁻² para membrana de 300 y 15 kDa, respectivamente); es decir se puede ser más productivo utilizando membranas de 300 kDa, sin generar cambios significativos en las características del permeado obtenido. Este es un resultado de gran importancia si se tiene en cuenta que la literatura ha considerado la utilización de membranas con tamaños de poro inferiores de 15 kDa. Para todas las pruebas se evidenció estabilización de la permeabilidad antes de los 30 min, mostrando gran capacidad de las membranas utilizadas con respecto a la colmatación. Sobre los minerales, ninguna de las membranas fue selectiva. El filtrado de sangre de bovino cruda en polvo obtenido con membrana de 300 kDa presentó un alto %minerales (87%p/p), de los cuales 158,6mg/100gcorresponde a hierro, %proteínas de 7.7%p/p, y características mejoradas (color) respecto a la sangre de bovino cruda.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander y al Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo, que hace parte del proyecto cód. VIE9409.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, J., M. Ariza. y A. Cañas. (2000). Evaluación de la colmatación de una membrana mediante medidas eléctricas y de la composición química de su superficie. Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio 39(4): 572-574.
- Bizzotto, C., M. Capobianco and M. Pinto. (2005). Evaluation of functional properties of a blood protein. Pakistan Journal of Nutrition 4(1): 11-16
- Departamento Nacional de Estadística. Sacrificio de ganado total nacional y regional – vacunos, porcinos y otras especies - Diciembre 2012.
- Duarte, R., C. Simoes and V. Sgarbieri. (1999). Bovine Blood Components: Fractionation, Composition, and Nutritive Value. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(1): 231-236.
- Kokkora, M., K. Petrotos, P. gkoutos and C. mpoulpos. (2012). Application of membrane technology to slaughterhouse blood to produce edible powdered protein mixture. Journal of Membrane and Separation Technology 1: 35-42.
- Monroy, R. (2013). Valorización de residuos de sangre de bovino mediante hidrólisis enzimática integrando procesos con membranas. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.
- Rodríguez, L., A. Pérez and M. Campderrós. (2009). Inulin like lyoprotectant of bovine plasma proteins concentrated by ultrafiltration. Food Research International 43(3): 788-796
- Silva, J y O. Chocontá. (2007). Diseño experimental para la construcción de un prototipo deshidratador de sangre bovina. AVANCES Investigación en Ingeniería. N° 6

Evaluación del Perfil de Textura en Mora (*Rubus glaucus Benth*) Promovido por Calcio Aplicado en Precosecha.

*Texture Profile Assessment in Blackberry (*Rubus glaucus Benth*) Promoted by Calcium in Applied Preharvest*

Leidy k. Montealegre G.¹; Juan S. Diaz B.²; Yanneth Bohórquez P.³ y Claudia P. Valenzuela.⁴

¹ Estudiante de pregrado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Grupo de Investigación CEDAGRITOL, Universidad del Tolima. leikamongri@hotmail.com

² Estudiante de pregrado Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial Grupo de Investigación CEDAGRITOL, Universidad del Tolima. jsdiaz@ut.edu.co

³ Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial Grupo de Investigación CEDAGRITOL, Universidad del Tolima. ybohorq@ut.edu.co

⁴ Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial Grupo de Investigación CEDAGRITOL, Universidad del Tolima. cpvalenz@ut.edu.co

Resumen. Se evaluó perfil de textura (TPA): dureza, elasticidad, cohesividad y resiliencia, así como variables físico químicas a frutos de mora en grado de madurez cinco (NTC 4106, 1997), que fueron tratados en precosecha con óxido de calcio por aspersión foliar a cuatro tratamientos y en postcosecha con cloruro de calcio a 7

tratamientos, para determinar su efecto endurecedor en la vida útil y calidad del fruto. Los resultados indicaron que pasadas 20 semanas los tratamientos tienden a mejorar sustancialmente la textura y características físicoquímicas.

Palabras clave: Vida útil, firmeza, pos-cosecha, aspersión, dureza, calidad

Abstract. *Texture profile (TPA): hardness, elasticity, cohesiveness and resilience, as well as physical-chemicals variables were tested to blackberry fruits at maturity five (NTC 4106, 1997), which had a pre-harvest treatment with calcium oxide by foliar spray to four treatments and, a postharvest treatment with calcium chloride to seven treatments to determine its hardening effect on shelf life and fruit quality. The results indicated that after 20 weeks the treatments tend to substantially improve the texture and physicochemical characteristics.*

Key words: Shelf life, firmness, post-harvest, spray, strength, quality

INTRODUCCIÓN

En pos-cosecha las frutas se ven afectadas por su ablandamiento y pueden presentar pérdida de peso hasta del 40% (Sora, Fischer y Flórez, 2006), o superiores como sucede con la mora, catalogada altamente perecedera y de baja resistencia, razón por la cual se debe utilizar un mecanismo de fortalecimiento de la pared celular del vegetal que prologue sus días en pos cosecha (Retamales, 1995),

mediante la aplicación foliar de óxido de calcio en pre-cosecha. Los datos obtenidos a partir del análisis de TPA establecieron parámetros que facilitan la objetividad de los atributos del alimento y las características predecibles para posteriores estudios de comparación (Chen y Opara, 2013) con operaciones de logística.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos procedentes de la vereda el Retiro del Municipio de Ibagué fueron tratados en pre cosecha con óxido de calcio a través de cuatro tratamientos: (T1) aplicación una vez por semana a una concentración de 10 g/L, (T2) dos veces por semana la misma concentración, (T3) cada 15 días 5 g/L y el testigo (T4) sin aplicación de calcio. Cada tratamiento constó de 40 plantas, los frutos en estado de madurez 5 se cosecharon, transportaron, pesaron y empaclaron en contenedores de tereftalato de polietileno (PET) de 250 g de capacidad, perforados al 10%. Para cada tratamiento se tomaron 3 contenedores con 200 g de fruta y se almacenaron durante siete días a 4 ° C tomando como unidad experimental un fruto de mora con sus respectivas réplicas para TPA, tres frutos para determinar variables fisicoquímicas y para peso tres réplicas de principio a fin. También se evaluaron 7 tratamientos de frutos con cloruro de calcio en pos cosecha sin previo tratamiento de óxido de calcio.

Tabla 1. Perfil de Textura (TPA) en fruta fresca a las 20 semanas de aplicación.

Análisis	Método	Tratamientos	Muestreo 1	Muestreo 2
			($\bar{X} \pm s$)	($\bar{X} \pm s$)
Dureza	TPA	T1	7870,9 ± 1474,8	4534,7 ± 1017,1
		T2	6334,4 ± 1315,9	6959,7 ± 2537,1
		T3	5140,3 ± 1087,6	6482,7 ± 1550,5
		T4	4186,1 ± 561,6	6430,6 ± 1159,0
Elasticidad	TPA	T1	0,679 ± 0,107	0,579 ± 0,077
		T2	0,630 ± 0,101	0,498 ± 0,058
		T3	0,650 ± 0,082	0,639 ± 0,072
		T4	0,663 ± 0,060	0,690 ± 0,114
Cohesividad	TPA	T1	0,317 ± 0,048	0,288 ± 0,069
		T2	0,289 ± 0,065	0,245 ± 0,050
		T3	0,318 ± 0,066	0,326 ± 0,065
		T4	0,336 ± 0,028	0,350 ± 0,023
Resiliencia	TPA	T1	0,166 ± 0,029	0,140 ± 0,039
		T2	0,142 ± 0,033	0,111 ± 0,025
		T3	0,154 ± 0,034	0,170 ± 0,037
		T4	0,160 ± 0,016	0,179 ± 0,012

Los resultados ($\bar{X} \pm s$) son la media de tres determinaciones (n=3) ± desviación estándar.
Fuente: Autores.

VARIABLES ANALIZADAS. Mediante un texturometro (TEXT PLUS Texture Analyser) se realizó perfil de análisis de textura donde los parámetros más relevantes fueron dureza, elasticidad, cohesividad y resiliencia; la dureza presenta unidades en gramos y las demás son adimensionales. Parámetros fisicoquímicos: sólidos solubles totales (NTC 4624, 1999), pH con potenciómetro multi parámetro (NTC 4592, 1999), acidez titulable (NTC 4623, 1999). Parámetro fisiológico: índice de transpiración en %PP (Villamizar, 2001). La información obtenida fue evaluada con la herramienta estadística *stafgraphics Centurion®*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de textura en la primera evaluación no encontró diferencias significativas, debido a las pocas semanas de retención de calcio en la fruta. La pérdida de frescura (Konopacka y Plochanski, 2004) y/o firmeza la presentó T1, por menor resistencia a la compresión.

A la semana 20 de aplicación (Tabla 1), presenta la media de tres determinaciones ($n=3$) \pm desviación estándar con algunas diferencias significativas. Los resultados de dureza (g) tienden a aumentar en el tiempo en la mayoría de los tratamientos, excepto en el T1 que bajó drásticamente un 42%. La aplicación de calcio mostró que se pierde elasticidad del fruto de manera significativa, así mismo se comporta la cohesividad y resiliencia. Por otro lado los sólidos solubles totales (LSD Fisher, 95 % confianza) después de 5 meses de tratamiento no presentan cambios significativos, pero en el testigo difiere presentando los mejores valores. Respecto a pH no hubo diferencia significativa entre los 4 tratamientos (LSD Fisher, 95 % confianza).

Las cenizas y su respectivo análisis de calcio (Tabla 2) confirman la valoración de TPA (dureza) para las evaluaciones en el tiempo. El porcentaje de calcio en las primeras 4 semanas no son las más pertinentes, puesto que la planta realiza la fijación del mismo de manera lenta, debido a que el calcio es poco móvil en las plantas, no se redistribuye fácilmente, razón por la cual al depositarse en hojas, frutos u otro órgano, queda prácticamente fijo (Contardo, 1999).

CONCLUSIÓN

Tabla 2. Calcio presente en el fruto.

Tratamiento	Evaluación inicial (%)	Evaluación final (%)
T1	0,11	0,27
T2	0,11	0,24
T3	0,09	0,29
T4 o T0.	0,11	0,28

Los tratamientos en análisis del perfil de textura y pH se comportan estables después de 20 semanas de aplicación del óxido de calcio al cultivo y respecto a pérdida de peso, los tratamientos con calcio mostraron estabilidad durante 7 días de almacenamiento sin diferencia significativa (LSD Fisher, 95 % confianza) Mientras T4 (Testigo), registró en promedio 2,23 % PP. Frente al tratamiento T3 que obtuvo 1,63 % PP. Por lo cual se concluye que (T3) fue el mejor tratamiento, puesto que además de ser el de menor pérdida de peso también presentó estabilidad en las características fisicoquímicas, mayor fijación de calcio en la fruta, mejor respuesta o vigor de la planta y desarrollo de la fruta, así como menor costo por aplicación. Respecto a la aceptación se define un gusto por el tratamiento testigo o T4 de 28% en promedio frente a los tratamientos con calcio de 24% en promedio.

BIBLIOGRAFIA

- Contardo-Escobar, E.J. 1999. Efecto de aplicaciones en precosecha de distintas formulaciones de calcio sobre la calidad de la fruta en manzanos y perales. Tesis de grado, Facultad de Ciencias agrarias. Universidad de Talca, Escuela Agronomía. Talca, Chile.
- Chen, L. and U.L. Opara. 2013. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. *Journal of Food Engineering*. 119: 497-507.
- Konopacka D and W.J. Plochanski. 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest, Biology and Technology* 32(2): 205–211.
- Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4106. Frutas Frescas. Mora de Castilla. Especificaciones. Bogotá: ICONTEC; 1997.
- Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4624. Jugos de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles: Método refractométrico. Bogotá: ICONTEC; 1999.
- Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4592. Productos de frutas y verduras. Determinación del pH. Bogotá: ICONTEC; 1999.
- Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Bogotá: ICONTEC; 1999.
- Retamales J. Estatus del calcio en los tejidos vegetales: Determinación y el efecto de diversas prácticas culturales. Calcio en fruticultura. *Symposium Internacional*. 1995 Oct 17-18.
- Sora D. Á., G. Fischer y R. Flórez. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana* 24(2): 306-316.
- Villamizar F. 2001. Manejo tecnológico postcosecha de frutas y hortalizas: Aspectos teóricos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ingeniería.

Modelamiento Matemático de la Pérdida de Agua en Fritura por Inmersión de Rodajas de Plátano

Mathematical Modeling of Water Loss in Deep Fat Frying of Plantain Slices

Mario Marín Marín¹; Francisco Castellanos-Galeano²; Lorenzo Martínez Hernández³

¹ Ingeniero de Alimentos, M.Sc. (C) Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales. mario.marin@ucaldas.edu.co
² Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales. francisco.castellanos@ucaldas.edu.co * Autor Corresponsal
³ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Matemáticas. Universidad de Caldas. Manizales. lorenzo.martinez_h@ucaldas.edu.co

Resumen. En el presente trabajo se exploró un modelo cuadrático para predecir el comportamiento del porcentaje de humedad de chips de plátano variedad *Dominico hartón* sometido a un proceso de fritura por inmersión, considerando las variables de proceso, temperatura del aceite (T), presión del sistema (P) y tiempo de fritura (t). El modelo obtenido es de la forma $H=a+bP+ct+dT^2+eP^2+ft^2+gTP+hTt+iPt$ cuyos coeficientes en forma explícita se dedujeron del análisis de regresión con una variabilidad de los datos de 88% y un error de más o menos 5,45%.

Palabras clave: Modelo, función cuadrática, regresión lineal, humedad, fritura por inmersión

Abstract. In this paper was explored a quadratic model to predict the behavior of the moisture content of plantain chips variety *Dominico Hartón* undergone a process of deep-fat frying, considering oil temperature (T), system pressure (P) and frying time (t) as the process variables, The obtained model is $H=a+bP+ct+dT^2+eP^2+ft^2+gTP+hTt+iPt$ form whose coefficients are explicitly deduced from regression analysis with data variability of 88% and an error of more or less 5.45%.

Key words: Model, quadratic, linear regression, moisture, deep-fat frying

INTRODUCCIÓN

La fritura por inmersión tiene como finalidad reducir el contenido de humedad de los alimentos, por ello, predecir la pérdida de humedad se hace tan importante, ya sea para diseño o control del proceso (Bravo *et al.*, 2009). Modelar la pérdida de humedad en fritura por inmersión puede hacerse complejo, sin embargo, se pueden hacer consideraciones relacionadas con la difusividad como control de mecanismo de transferencia de masa (Moreira, 2001), también considerando que el producto frito se divide en dos regiones, uno de costra y uno de núcleo, por tanto el análisis de transferencia de humedad debe hacerse para cada región toda vez que la formación de costra

influye en la pérdida de agua (Farkas *et al.*, 1995). El objetivo del presente trabajo fue predecir la pérdida de humedad en el proceso de fritura por inmersión, teniendo en cuenta las variables temperatura del aceite (T), presión (P) y tiempo de fritura (t) en rodajas de plátano variedad *Dominico hartón* en estado maduro a través de un modelo matemático cuadrático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó plátano variedad *Dominico hartón* (AAB) con un contenido de agua de $58,7 \pm 3,2\%$, y con sólidos solubles del plátano de 14 ± 6 °Brix. La muestra obtenida fue de 4 mm de espesor y $2,9 \pm 0,7$ cm de diámetro, la relación plátano-aceite fue de $6,67 \pm 1$ g/L (Da Silva, 2008). El aceite que se utilizó para la experimentación, consistió en una mezcla de aceites vegetales refinados. Las temperaturas de proceso fueron 140, 160 y 180 °C. El tiempo de fritura fue 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 360, 420, 480, 540 y 600 segundos. Las presiones de proceso fueron 78; 43 y 9 Kpa. El contenido de humedad en los chips fritos, se determinó usando la norma AOAC 934.01, (1996). Este análisis se hizo por triplicado. La variable de respuesta fue la humedad, y como variables independientes, Temperatura, Presión y Tiempo. Con el fin de identificar los coeficientes del modelo, es necesario obtener una función que modele la respuesta en función de la temperatura, la presión y el tiempo, es decir, una expresión de la forma, Humedad = f (T,P,t). Específicamente se exploró un modelo cuadrático multivariado de la forma:

$$H = a_0 + a_1T + a_2P + a_3t + a_4T^2 + a_5P^2 + a_6t^2 + a_7TP + a_8Tt + a_9Pt \quad (1)$$

Se plantea un sistema de 171 ecuaciones con 10 incógnitas, es decir, un sistema de la forma

$$H_i = (T_i \ P_i \ t_i) \begin{bmatrix} a & b & c \\ b & d & e \\ c & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_i \\ P_i \\ t_i \end{bmatrix} + (T_i \ P_i \ t_i) \begin{bmatrix} g \\ h \\ j \end{bmatrix} + k \quad (2)$$

Para $i = 1, \dots, 171$. De donde se obtiene el sistema $Ax = h$

con A matriz de orden 10×171 , x de orden 171×1 y h vector de orden 10×1 . A partir de la expresión $Ax = h$ se obtiene $A^T Ax = A^T h$. Deduciéndose la solución $x = (A^T A)^{-1} A^T h$ siempre que exista la inversa clásica de la matriz $A^T A$. En este caso la matriz $A^T A$ es invertible y la solución está dada en la tabla 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pérdidas de humedad con respecto al tiempo se muestran en la Gráfica 1.

La solución del sistema de ecuaciones anterior es equivalente a una regresión lineal múltiple con parámetros mostrados en la Tabla 1. Donde se observó que algunos de ellos no son significativos debido a P-valores mayores al nivel de significancia de 0,05. Los términos no significativos se excluyeron al realizar una regresión stepwise regresiva, de donde se deduce el siguiente modelo:

$$H = a + bP + ct + dT^2 + eP^2 + ft^2 + gTP + hTt + iPt \quad (3)$$

parámetros, Valores – P, porcentaje de error medio cuadrático (%EMS) y R² se muestran en la Tabla 2.

CONCLUSIÓN

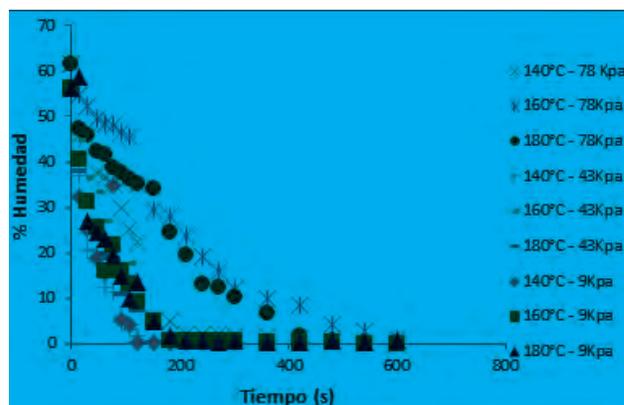
El modelo cuadrático obtenido es de la forma:

$$H = 41,7095 + 0,3968P - 0,2573t - 0,0003852T^2 + 0,005857P^2 + 0,0002421t^2 - 0,003631TP + 0,0005035Tt - 0,0005896Pt.$$

De acuerdo al análisis regresión el modelo explica el 88,4% de la variabilidad de la humedad. Además el modelo predice un margen de error de más o menos 5,45%.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1986. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist, AACC, EU.
- Bravo, J., N. Sanjuán, J. Ruales and A. Mulet. 2009. Modeling the Dehydration of Apple Slices by Deep Fat Frying. *Drying Technology* 27 (6): 782–786.
- Da Silva P. and R. Moreira. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *Food Science and Technology*. 41(10): 1758–1767.
- Farkas, B.E., R.P. Singh and T.R. Rumsey. 1995. Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I, Model development. *Journal of Food Engineering* 29 (2): 211–226.
- Moreira, R.G. 2001. Deep-fat frying of foods. In *Food Processing Operations Modeling*; Irudayaraj, J., Ed.; Marcel Dekker: New York, 115–146.



Gráfica 1. Pérdida de Humedad respecto al tiempo

Tabla 1. Parámetros de la regresión

Parámetro	Estimación	Valor-P
a	-33,6533	0,5639
b	0,945677	0,1955
c	0,407497	0,0144
d	-0,255845	0,0000
e	-0,00332127	0,1447
f	0,00585658	0,0000
g	0,000242147	0,0000
h	-0,00369801	0,0001
i	0,000494501	0,0011
j	-0,000589587	0,0000

Tabla 2. Parámetros de la stepwise regresiva

Parámetro	Estimación	Valor-P	%EMS	R ²
a	41,7095	0,0000	5,45	0,884
b	0,396808	0,0172		
c	-0,257281	0,0000		
d	-0,000385232	0,0369		
e	0,00585658	0,0000		
f	0,000242147	0,0000		
g	-0,00363121	0,0001		
h	0,000503476	0,0009		
i	-0,000589587	0,0000		

Evaluación Psicométrica del Secado de Frutas en un Deshidratador de Bandeja para Alimentos

Psychometric Evaluation of Dried Fruits in a Food Tray Drier

Julio Cesar Luna Ramírez¹, Claudia Jiménez Arenas², José Alejandro Pacheco Osorio²
y Numar Davian Campos Correa³

¹ Ingeniero de Alimentos, Especialista en Gestión y Administración de la Calidad, Magister en Calidad y Gestión Integral, docente investigador Universidad de la Amazonia grupo INGEPRAL. julioluna64@hotmail.com

² Estudiante último semestre programa Ingeniería de Alimentos Universidad de la Amazonia

³ Estudiante último semestre programa Ingeniería de Alimentos Universidad de la Amazonia

Resumen. En la Universidad de la Amazonia se han construido una serie de equipos de laboratorio, los cuales permiten visualizar diferentes procesos. Uno de estos equipos es un secador por aire caliente, en el cual se realizó una evaluación del proceso de deshidratación de tres frutas: banano (*Musa paradisica*), piña (*Ananas comosus*,) y tomate (*Solanum lycopersicum*). Utilizando como instrumento de medición un termo-higrómetro digital, convirtiendo los reportes de temperatura y humedad relativa en valores de presión y de humedad de aire. Se diseñó un software en ambiente de Excel que permite evaluar el proceso de deshidratación para cada producto. El sensor se ubicó a la salida de la cámara de deshidratación para evaluar el comportamiento del secado de las frutas. El software presentó graficas de: pérdida de peso en función del tiempo, porcentaje de humedad en función del tiempo, velocidad de secado en función del tiempo y velocidad de secado en función de la humedad del producto.

Palabras claves. Software, psicometría, termohigrómetro, humedad relativa, evaluación de secado, métodos de conservación.

Abstract. In the Universidad de la Amazonia a series of laboratory equipment, which allow viewing different processes, have been built. One of these prototype is a hot air dryer, in which an evaluation of the dehydration process with three fruits: banana (*Musa paradisica*), pineapple (*Ananas comosus*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) was done. A digital thermo-hygrometer as controller, which converts temperature and relative humidity reports in values of pressure and air humidity, was used. Software based in Excel was designed to evaluate the dehydration process for each product. The sensor was located at the outlet of the drying chamber to evaluate the performance of dried fruits. The software presented plots of: weight loss versus time, humidity versus time, drying rate versus time and drying rate depending on the humidity of the product.

Key words. Software, psychometry, hygrometer, relative humidity, drying evaluation

INTRODUCCIÓN

La deshidratación es un proceso mediante el cual se remueve casi la totalidad del agua de un producto, dando como resultado un producto solido con un contenido de humedad significativamente bajo (Colina, 2010). Esta técnica de conservación que reduce la actividad del agua evitando el deterioro y contaminación microbiológica (Vega y Lemus, 2006). El proceso de deshidratación implica el conocimiento de la Psicometría, la cual permite conocer las propiedades termodinámicas del aire húmedo, (Bermúdez y Maíz, 2004), donde propiedades como la humedad relativa son importantes y representa la relación entre la presión de vapor de agua en un momento dado (P_v) con respecto la presión de vapor de agua cuando el aire está saturado de humedad (P_{vsa}), a la misma temperatura. La cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende, en gran medida, de su temperatura. (Bermúdez y Maíz, 2004). Para evaluar el proceso de deshidratación se debe tener en cuenta el peso que ha perdido la materia prima, o el porcentaje de pérdida de peso en función del tiempo, la variación de la velocidad de secado en función de tiempo, el cambio de la velocidad de secado con respecto al porcentaje de humedad del producto. Observando el proceso se pueden visualizar dos corrientes una que es la del producto y la otra que es la del aire. Las cuales se ven modificadas de manera directa por su interacción, lo que pasa en uno afecta al otro, es decir el agua que pierde el producto afecta las propiedades del aire como el cambio de la temperatura y humedad del aire. Para lo anterior, se instaló un sensor el cual mide temperatura, humedad y punto de rocío del aire, con los datos obtenidos se procedió al diseño y evaluación de un software en ambiente de Excel, representando de una forma gráfica el proceso de deshidratación y los cambios que tiene el producto.

El objetivo de este proyecto fue determinar la viabilidad para realizar la evaluación de un secador de bandejas, con el uso de un termo-higrómetro digital y el diseño y evaluación de

un software en ambiente de Excel bajo las condiciones de Florencia Caquetá, altitud 242 msnm y presión atmosférica de 14,1 psi.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos (piña, tomate y banano) se adquirieron en el mercado local de Florencia-Caquetá. Se utilizó una cámara de deshidratación diseñada y construida en el taller de Mecánica fina en la UNIAMAZONIA, adecuada con un sensor termo-higrométrico (Referencia E.B.C 94150) con software de instalación versión 2,2; termómetros calibrados y balanza analítica.

Calibración del sensor. Se utilizaron dos termómetros de vidrio, calibrados inicialmente por inmersión en solución de agua con hielo, para determinar el valor cero (0) del instrumento. El valor del punto de ebullición del agua se determinó en un baño de Glicerina. Se revisaron las divisiones de 0° y 98°C, respectivamente. Con los termómetros calibrados, se calibro el sensor (E.B.C. 94150 USER`S GUIDE). Se evaluó el comportamiento de los termómetros y el sensor para determinar la variación y el porcentaje de error, haciendo corridas a diferentes temperaturas, evaluando las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco. Se hizo el análisis estadístico utilizando la técnica de carta de control con tendencias.

Procedimiento de Deshidratación. Se determinó la humedad de secado de cada fruto, en estufa a 105°C hasta obtener un peso constante según la norma AOAC 7003. Se realizaron las siguientes actividades de adecuación de la materia prima: clasificación por estado de madurez entre 80 a 90%, limpieza y desinfección 50 ppm de hipoclorito de sodio, pelado mecánico (cuchillo), troceado (1 cm espesor), determinación de peso inicial, ubicación sobre la bandeja de secado, programación del sensor para

recolección de datos, ubicación de la bandeja de secado con el producto en el deshidratador, graduación de termostato a 60°C (velocidad promedio de aire de 0,00235 m³/s). Tiempo promedio de deshidratación 2 horas. Pesaje del producto. Descarga de los datos obtenidos. Con el reporte se actualiza la información en el software; de manera automática se realizan los cálculos para determinar: W (kg/kg de aire seco), Agua retirada del producto, Velocidad de secado, Peso de producto y % humedad de producto, se comparan los cambios de la velocidad de secado frente al % de humedad y construye las gráficas respectivas (Brennan *et al.*, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calibración del sensor. Se compararon los resultados del sensor frente a los termómetros calibrados. Según los resultados obtenidos el porcentaje (%) de error promedio es de 1,2% para las temperaturas y 0,7% para la humedad relativa Figura 1.

Ensayos de deshidratación. El sensor registra la información en un archivo plano, presentando el número, fecha, hora, temperatura, humedad relativa y punto de rocío. Con los datos reportados con el sensor se actualizó el sistema y el software construye gráficas que aparecen en la Figura 2. Al finalizar cada ensayo se pesa el producto y se compara con la pérdida de agua reportada por el sensor como lo muestra el software. Al finalizar cada ensayo se pesa el producto, la reducción de peso representa el agua retirada. Luego se compara agua retirada del producto (obtenida por la diferencia de peso) contra la reportada el software según los datos del sensor; en donde el promedio del porcentaje de error fue de 1,47%. El promedio de agua retirada por segundo, para los diferentes ensayos fue de: tomate 0,016 y 0,013 g de agua/s, piña

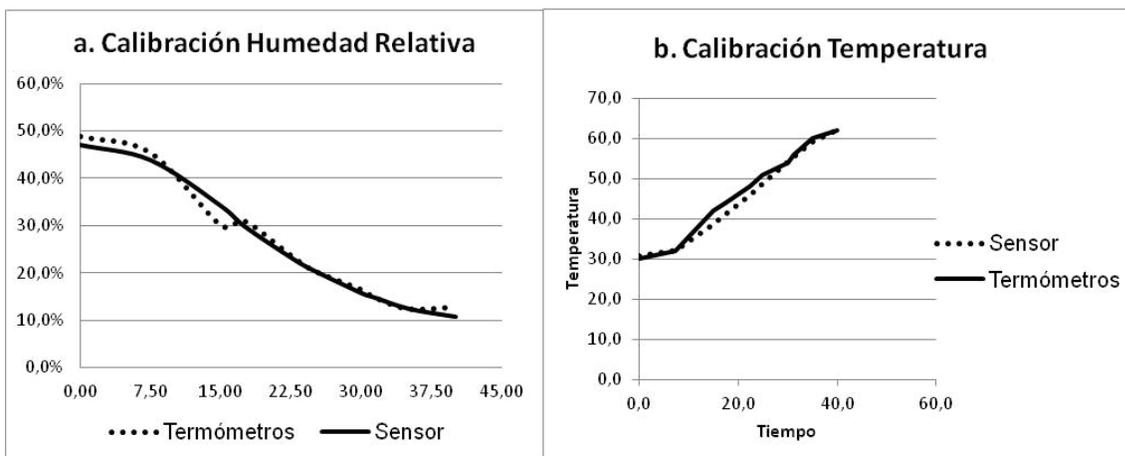


Figura 1. Calibración del sensor a. humedad relativa b. temperatura

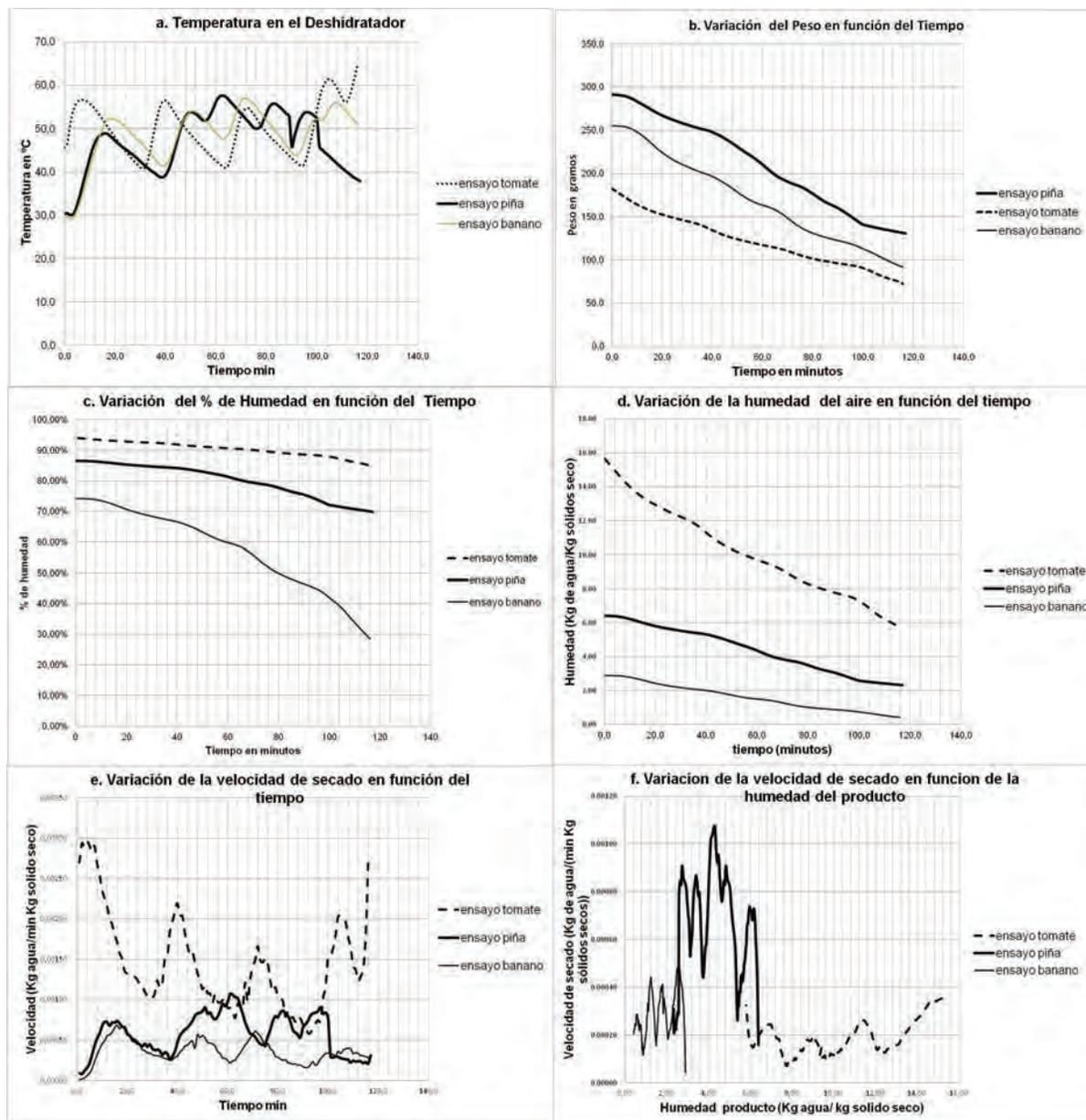


Figura 2. Reporte del software diseñado para evaluación del secado de frutas: a. Temperatura en el deshidratador. b. Variación del peso en función del tiempo. c. Variación del porcentaje de humedad en función del tiempo. d. Variación de la humedad en función del tiempo. e. variación de la velocidad de secado en función del tiempo. f. Variación de la velocidad de secado en función de la humedad del producto

0,023 y 0,020 g de agua/s y por ultimo banano con 0,023 y 0,019 g de agua/s. El tomate se utilizó como soporte bandeja perforada y para la piña y el banano como soporte para la fruta se utilizó malla.

El ensayo que presentó mayor temperatura dentro de la cámara fue el del banano mostrando picos más altos con respecto a los otros dos ensayos con tomate y piña (Figura 2a.) El comportamiento de las temperaturas para los ensayos es sinusoidal, debido a que

el termostato presenta un rango de variación de aproximadamente $\pm 5^{\circ}\text{C}$ de la temperatura de graduación.

El contenido inicial de agua de un producto, se ve reflejada en la velocidad de secado en el deshidratador, la Figura 2d, muestra una mayor variación en la humedad del aire en el tomate, mientras que en los otros dos productos es más lenta.

La variación de la velocidad de secado en función del tiempo, sigue conservando el comportamiento de la temperatura, por lo que se podría afirmar que uno de los factores que afecta significativamente la velocidad de secado es la temperatura; ya que al aumentar la temperatura, el aire aumenta la capacidad de retener vapor agua, visto como una reducción en humedad relativa del aire de entrada. Esto se evidencia en el ensayo de banano, mostrando una mayor variación del peso y humedad con respecto a los otros dos ensayos, ver figura 2b y figura 2c. La Figura 2f, muestra la curva de velocidad de secado vs humedad del producto, cada producto está ubicado en una franja diferente esto debido a dos factores que afectan significativamente la velocidad de secado: la temperatura y humedad.

La primera franja para el banano muestra que el producto tiene una velocidad de secado intermedia, pero su variación del contenido de humedad (Kg agua/ kg sólidos) es poca. Su velocidad de secado es mayor a la de tomate debido a la mayor temperatura, pero su variación de sólidos es menor debido a que presenta mayor materia seca que los otros dos productos.

La segunda franja para la piña muestra que el producto tiene una mayor velocidad de secado pero menor variación del contenido de humedad con respecto al tomate, y principalmente su mayor velocidad es debido a la temperatura.

La tercera franja representa el tomate, presenta una curva más larga debido a que este producto tiene mayor variación con respecto al contenido de humedad, pero su baja velocidad se debe al uso de bandeja que no permite el flujo del aire sobre el producto y a temperatura más bajas con respecto a los otros dos ensayos.

CONCLUSIÓN

Con el uso del termo-higrómetro digital y la implementación del software, se puede realizar la evaluación de un secador de bandejas, con las graficas reportadas por el software diseñado se puede estudiar el comportamiento de diferentes productos, durante la deshidratación, conociendo las variables fundamentales del procesos como: reducción de peso, temperatura, velocidad de secado, variación de % de humedad, relación de humedad.

El secador de bandeja puede retirar 0,023 g de agua/s utilizando como soporte para la fruta malla y cuando 0,016 g de agua/s utilizando como soporte bandeja perforada cuando esta graduada a a temperatura a 60°C

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Bermúdez, J.L. y V. Maíz. 2004. Diseño y construcción de un secador de alimentos de Amazonas (Tesis). Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Pág. 59.
- Brennan, J.G., J.R. Butters, N.D. Cowell, y A.E. Lily. 1980. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 2a. editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Colina, M.L. 2010. Deshidratación de Alimentos. Editorial Trillas. México, D.F.
- Vega, A y R. Lemus. 2006. Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*), Rev Información Tecnol. Vol. 17 (3). pág.: 23-31.

Selección de Fruto *Lycopersicon Esculentum* Mill Según su Estadio de Maduración Usando Imágenes Espectrales

Selection of Fruit Lycopersicon Esculentum Mill by *Maturation Stage Using Spectral Imaging*

G. Gómez-Méndez¹, J. C. Mosquera², Cesar Isaza³

¹ Ingeniero Electrónico. Estudiante de Maestría en Ciencias de los Materiales de la Universidad del Quindío. Miembro Investigador del Grupo de Investigación de Acusto-óptica del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias de la Universidad del Quindío. gustavogomezmenendez@hotmail.com

² Ph.D. en Física, Profesor Asociado Universidad del Quindío, Director del grupo de investigación de Acusto -Óptica del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias de la Universidad del Quindío. jcmosquera@uniquindio.ecu.co

³ Ph.D en Tecnología Avanzada, Profesor Asociado Universidad Politécnica de Querétaro – México. cesarisazab@gmail.com

Resumen. En este trabajo se presenta una nueva metodología para la clasificación automática de frutos, en especial Tomate Chonto Híbrido Calima (*Lycopersicon esculentum* Mill), según su estadio de maduración. La clasificación de los frutos fue realizada a

partir de imágenes espectrales adquiridas con un Sistema Acusto-óptico y que corresponden a los colores asociados al proceso de maduración del fruto. A cada imagen espectral segmentada, se le asignó un valor correspondiente a la suma de todos los

pixeles de la imagen. Estos valores para cada componente espectral, fueron graficados para analizar de forma cualitativa y cuantitativa la relación directa entre cada longitud de onda y la fase de maduración del fruto. El análisis de las gráficas obtenidas permitió formular un modelo eficiente tanto por los resultados de clasificación del estadio de maduración del fruto, como por la sencillez del modelo en comparación con máquinas de aprendizaje conocidas, que corresponden a algoritmos sensiblemente más robustos que el propuesto en este trabajo. El algoritmo propuesto, a fin de identificar el estadio de maduración del fruto, se basa en adquisición de sólo dos imágenes espectrales en longitudes de 640nm y 520nm. La operación de sustracción de los valores asociados de pixelaje entre ellas, es comparada digitalmente con una tabla de valores de una base de datos existente y como resultado se obtiene el estadio de maduración del fruto. La base de datos es construida a partir del análisis espectral completo del proceso de maduración de los frutos.

Palabras clave: Algoritmo, análisis espectral, maduración, segmentación, sistema acusto-óptico.

Abstract. On this paper, a new methodology for the automatic classification of fruits, especially Chonto Hybrid Tomato Calima (*Lycopersicon esculentum* Mill), according to their stage of maturation is presented. Fruits classification was conducted from spectral images acquired with an Acousto – Optical system. Each image corresponds to colors associated to the fruit ripening process. To each segmented spectral image a value corresponding to the sum of all image pixels value was assigned. These values for each spectral component were plotted to analyze the direct relationship between each wavelength and the fruit ripening phase qualitatively and quantitatively. The analysis of the graphs allowed to formulate an efficient model by fruit ripening stage classification results, as for the simplicity of the model in comparison with known learning machines, corresponding to significantly more robust algorithms than the one proposed in this work. The proposed algorithm, in order to identify the stage of fruit ripening, is based on acquisition of only two spectral images in wave lengths of 640nm and 520nm. The subtraction of their associated pixel values is digitally compared to values from a database and as a result the fruit ripening stage is obtained. The database is made using de full spectral analysis of the fruit ripening process.

Key words: Acousto-Optics, algorithm, ripening, segmentation, spectral analysis.

INTRODUCCIÓN

La selección automatizada de frutos según su estadio de maduración es un tema de gran actualidad mundial (Isaza *et al.*, 2008; Patrick *et al.*, 2003; Butz *et al.*, 2005; Xing *et al.*, 2007), que sin embargo en Colombia no ha tenido la aplicación debida a fin de incrementar la eficiencia y la disminución de pérdidas del agro que permita poner al país competitivamente.

La parte más compleja de la automatización de tales procesos es la selección misma del fruto que involucra tanto métodos de visión artificial para la detección de las propiedades físicas del producto, como el aprendizaje de máquinas (Cardona *et al.*, 2007) que permita la toma de decisiones en tiempo real. En este campo, el uso de sistemas digitales de procesamiento de imágenes se ha convertido en la herramienta principal durante la selección de una parte de la imagen – fruto buscado. Como se ha demostrado (Xing *et al.*, 2007; Gómez-Méndez *et al.*, 2013; Sepúlveda-Giraldo, 2007; González y Woods, 1996), este proceso implica un alto costo computacional y a veces el desarrollo de algoritmos complejos que no permiten ser usados de manera eficiente en el de máquinas seleccionadoras. La solución al problema parece estar en el uso de imágenes espectrales (Isaza *et al.*, 2008; Xing *et al.*, 2007; Gómez-Méndez *et al.*, 2013; Sepúlveda-Giraldo, 2007). El grupo de Acusto – óptica de la Universidad del Quindío ha desarrollado un sistema para la obtención de imágenes espectrales de gran calidad a través del uso de filtros acusto – ópticos FAO (Voloshinov *et al.*, 1996; Voloshinov *et al.*, 2006), que permiten realizar una segmentación análogo – digital de las zonas de interés de una imagen, reduciendo ostensiblemente el costo computacional y acercando los sistemas autónomos a lo que puede ser llamado “análisis de imágenes en tiempo real”. Adicionalmente, el sistema de adquisición de imágenes a través de FAOs, no es muy sensible al tipo de iluminación, y puede ser fácilmente adaptado para la adquisición de imágenes espectrales en una amplia variedad de sistemas de iluminación tanto natural como artificial. La selección de frutos de tomate según el estadio de maduración está basada en la apreciación empírica del color por parte del obrero seleccionador. Por lo tanto, como punto de partida es necesario caracterizar espectralmente cada estadio de maduración e identificar las principales características espectrales que definen cada estadio. A partir de la simplificación de tales características es posible proponer un modelo de clasificación artificial de los frutos. Por lo tanto este trabajo se centró precisamente en la caracterización espectral de los frutos durante todo el proceso de maduración y la extracción de tales características que permitieron la formulación del modelo propuesto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistema de Adquisición de Imágenes Espectrales. El sistema acusto-óptico de adquisición de imágenes espectrales (Figura 1) se compone de una cámara digital a la cual se le ha adosado un filtro Acusto – óptico (Gómez-Méndez *et al.*, 2013) (Sepúlveda, 2007) (Voloshinov *et al.*, 1996) (Voloshinov y Mosquera, 2006) entre el sensor CCD y la lente formadora de



Figura 1. Sistema Acusto-Óptico.

la imagen. De esta manera el sistema permite la toma de 105 imágenes espectrales en el rango visible, que van desde los 676nm hasta 467nm, cada 2nm aproximadamente.

Adquisición de Base de Datos de Imágenes Espectrales del Proceso de Maduración del Fruto. Se capturaron imágenes espectrales de 5 paquetes de frutos descritos en la Tabla 1, con diferentes estadios de maduración según la tabla de color (Association)

Tabla 1. Paquetes de Frutos de Tomate Chonto

	Frutos (Día 1)
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	

Las capturas se realizaron cada día hasta obtener en cada caso un tomate rojo con "piel" – envejecida. Los paquetes T1 y T2, fueron analizados alrededor de 4 días (Tabla 2) ya que algunos de ellos ya se encontraban en un alto grado de madurez.

Tabla 2. Descripción de la cantidad de imágenes procesadas por paquete de imágenes espectrales.

PAQUETE	# IMÁGENES	# CAPTURAS x DIA	# DIAS	# FRUTOS	TOTAL
T1	105	2	3,5	6	4410
T2	105	2	4,5	6	5670
T3	105	1	15	6	9450
T4	105	1	18	6	11340
T5	105	1	15	9	14175

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis Cualitativo. En la Figura 2 se muestra el comportamiento del proceso de maduración con más del 90% de las longitudes de onda graficadas, de un fruto del paquete T4 en una ventana de 10 días. De este gráfico se han escogido las 6 longitudes de onda más representativas de los estadios por los que pasa el fruto: 640nm, 595nm, 520nm, 505nm, 490nm y 475nm (figura 3). En el eje y se tiene la suma promediada de los valores de pixel de una imagen espectral capturada, y en el eje x el día en que se realizó la captura. La Figura 3 muestra con más detalles el comportamiento de la maduración del fruto según las 6 longitudes de onda. Si se toma en consideración las líneas correspondientes a las longitudes de onda que de 520nm (verde) y 640nm (roja), se evidencia que en la etapa E1 de maduración la componente espectral roja tiene un valor menor que el de la componente verde. Sin embargo en la etapa E3 de maduración la diferencia entre estas dos componentes espectrales ha desaparecido,

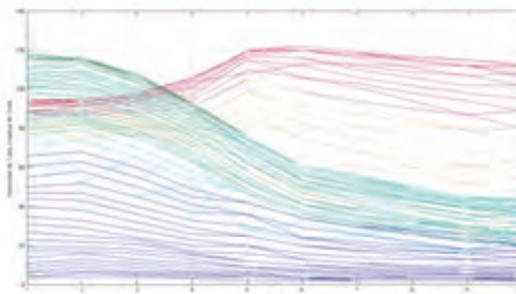


Figura 2. Comportamiento del proceso de maduración con más del 90% de las longitudes de ondas graficadas, de un fruto del paquete T4 en una ventana de 10 días.

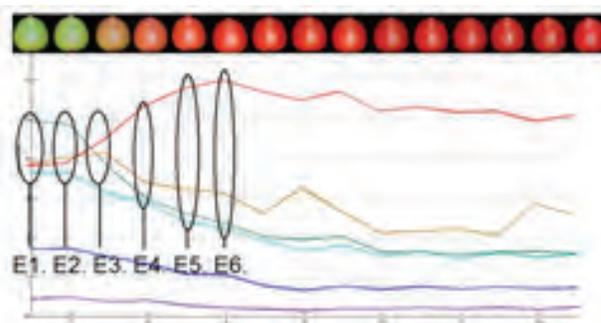


Figura 3. Relación entre curvas durante el proceso de maduración del fruto. E1: Etapa 1 de maduración, E2: Etapa 2 de maduración, E3: Etapa 3 de maduración, E4: Etapa 4 de maduración, E5: Etapa 5 de maduración y E6: Etapa 6 de maduración

para convertirse luego en un valor positivo, es decir, la componente roja se hace cada vez mayor que la componente verde.

Para un análisis cuantitativo de este comportamiento, se normalizaron los valores de intensidad y se graficaron las curvas de las 6 longitudes de onda (Figura 4).

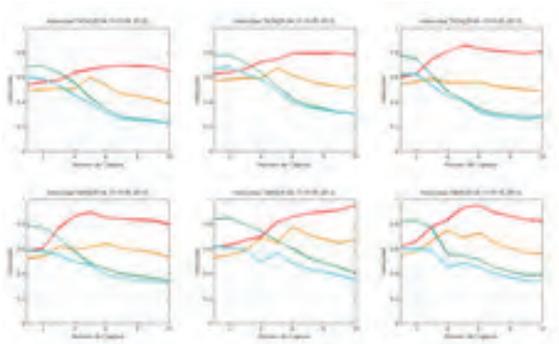


Figura 4. Curvas características normalizadas del proceso de maduración del paquete T4 en una ventana de 10 días

Igualmente se realizaron operaciones de sustracción entre las curvas de 640nm y 520nm, 640nm y 505nm para los 6 días que corresponden a las 6 fases.

CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha presentado una metodología de selección del estado de maduración de frutos de tomate basada en el uso de componentes espectrales. El algoritmo propuesto es altamente eficiente (~90%) de fácil implementación en sistemas automáticos de selección y embalaje de frutos.

BIBLIOGRAFIA

- Association, U. (n.d.). U.F. Association. Retrieved Abril 2013, from U.F. Association: <http://www.just.edu.jo/~jamali/tomatocolor.html>.
- Butz, P., C. Hofman and B. Tauscher. 2005. Recent Developments in Noninvasive Techniques for Fresh Fruit and Vegetable Internal Quality Analysis. Concise Reviews/Hypotheses in Food Science.
- Cardona, J.E., F.J. Ibarguen and P.A. Muñoz. 2007. Maquinas de Soporte Vectorial para Clasificación. Armenia: Arte Imagen.
- Gómez-Méndez, G. A., J. Mosquera and C. Isaza. 2013. Estudio Comparativo de las Técnicas de Segmentación Digital y Análogo-digital. Armenia: Universidad del Quindío.
- Gonzales, R. and R. Woods. 1996. Tratamiento Digital de Imágenes. Addison-Wesley Iberoamericana. S.A. y Ediciones Diaz de Santos.
- Isaza, C., J. Mosquera and W. Rios. 2008. Modelo de Maduración de Fruto de Banano Empleando Procesos Gaussianos de Regresión y Filtros Acusto-ópticos. Scientia et Technica.
- Patrick, M., M. Yud-Ren, C. Moon and E. Diane. 2003. Development of Hyperspectral Imaging Technique for the Detection of Apple Surface Defects and Contaminations. Journal of Food Engineering.
- Sepúlveda-Giraldo, A. (2007). Procesamiento de Imágenes por Medio de Filtros Acusto-ópticos. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Voloshinov, V. and J. Mosquera. 2006. Wide Angular Acousto-optical Interaction in Birefringent Crystals. Optics and Spectroscopy, 7.
- Voloshinov, V., V. Molchanov and J. Mosquera. (1996). Spectral and Polarization Analysis of Optical Images by Means of Acousto-optics. Optics and Laser Technology, 8.
- Xing, J., P. Jancso and I. De Baerdemaeker. 2007. Stem-end/Calyx Identification on Apples using Contour Analysis in Multispectral Images. Biosystems Engineering.

Productos de Repostería a Base de Frutos Tropicales

Dessertwith Tropical Fruits

Paulina Ayvar Ramos¹, Gabriela Palacios Pola², Adriana Caballero Roque³, Tlayuhua Rodríguez García⁴ y Karla Paola Aguilar Espinosa⁵.

¹Maestra en Administración, PTC Licenciatura en Gastronomía, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. paulina.ayvar@unicach.mx

²Maestra en Biotecnología, PTC Licenciatura en Gastronomía, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. gabriela.palacios@unicach.mx

³Doctora en Ciencias de Desarrollo Sustentable, PTC Licenciatura en Nutriología, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. adriana.caballero@unicach.mx

⁴Licenciada en Gastronomía, Directora de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. tlayuhua.rodriguez@unicach.mx

⁵Maestra en Administración, PTC Licenciatura en Gastronomía, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. karla.aguilar@unicach.mx

Resumen. Chiapas es un estado con una gran diversidad productiva, cuenta con alto potencial para el establecimiento de cultivos cíclicos y perennes que no han sido aprovechados de manera eficiente, esto aunado a la baja rentabilidad de la actividad agrícola. El propósito de esta investigación es el diseño de una línea de repostería a base de frutos tropicales cultivados en Chiapas. Se seleccionaron tres frutos: tamarindo, maracuyá y membrillo; posteriormente, de cada uno, a partir de la obtención de su pulpa, se crearon cinco postres. Se realizó prueba sensorial para evaluar su grado de aceptación y se analizó el grado de significancia de cada producto. Los resultados mostraron que existe una diferencia significativa entre las medias y que los postres a base de Maracuyá *Passiflora edulis* fueron los más aceptados organolépticamente.

Palabras clave: Postres, *Tamarindus indica*, *Passiflora edulis* y *Cydonia oblonga*.

Abstract. Chiapas is a state with a great productive diversity, it has a high potential for the establishment of cyclical and perennial crops that has not been used efficiently, adding to this the low profitability of farming activities. The purpose of this project is to design desserts using tropical fruits grown in Chiapas. Three fruits were selected: tamarind, passion fruit, and quince; and subsequent, five different desserts were made with the pulp obtained from each one of them. A sensory test was made to evaluate the desserts acceptability and to analyze the significance level of each product. The results showed that exist a significant difference between the means; also, passion fruit desserts were the most organoleptically accepted products.

Key word: Desserts, *Tamarindus indica*, *Passiflora edulis* y *Cydonia oblonga*.

INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales generalmente son consumidas de forma fresca; entre sabor dulce, agrodulce y ácido, se caracterizan por su pulpa jugosa, con alto valor nutritivo en Vitamina C. Según el monitoreo agroeconómico de Chiapas, el 5% de la superficie cosechada es de Frutas y Hortalizas y, de la Producción Agroindustrial el 15% se dedica para la elaboración de dulces (Sagarpa, 2011). Derivado de ello, el propósito de la investigación fue el diseño de postres a base de frutos de temporada cultivados en Chiapas para su posterior aprovechamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos tropicales Tamarindo (*Tamarindus indica*), Maracuyá (*Passiflora edulis*) y Membrillo (*Cydonia oblonga*) fueron recolectados en diferentes regiones de Chiapas, México, conforme a su temporada de cosecha, se adquirieron en el tiempo de su estado de madurez para su consumo.

Procesamiento para la obtención de la pulpa. Los frutos se lavaron y desinfectaron con yodo en soluciones 7,5- 10% por 5 minutos; posteriormente las frutas fueron despulpadas manualmente, se licuaron en una Licuadora Profesional de una velocidad por 3 minutos, se empacaron en bolsas de polietileno y se sellaron con máquina a base de calor. Se almacenaron a una temperatura entre 4°C a 6°C, por 5 días.

Elaboración de postres fríos (bavaroise, mousse, gelatinas, helados), postres calientes (soufflé), masas batidas y cremas de relleno a base de la pulpa de frutos tropicales, en una proporción 2:5 (fruto: ingredientes adicionales). Se diseñaron

cinco postres de cada fruta seleccionada, posteriormente las muestras se evaluaron en tres sesiones ante los jueces, quienes calificaron el grado de aceptación en base a una escala hedónica de cinco puntos tres atributos organolépticos. Y se aplicó estadística diferencial para analizar las medias de las calificaciones otorgadas a los atributos de sabor (Figura 1), calidad visual (Figura 2) y textura de los postres (Figura 3) elaborados a partir de pulpa de tamarindo, membrillo y maracuyá.

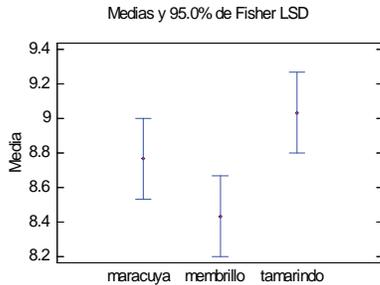


Figura 1: Evaluación de Sabor de las muestras de postres de frutas.

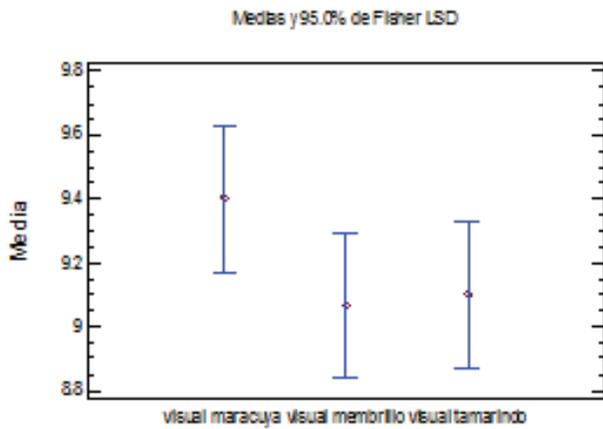


Figura 2: Evaluación de Calidad visual de postres de frutas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 1, la fruta que mayor aceptación presentó en relación al sabor, es el tamarindo; esto debido a la combinación de la pulpa con otros ingredientes cremosos y dulces, lo que permitió equilibrar el sabor característico del mismo, comúnmente la pulpa es ácida según la variedad y el estado de madurez; para la confección de los postres se utilizó la pulpa del fruto una vez maduro ya que es más dulce. Por otra parte, los resultados del atributo de calidad visual (Figura 2) señalan la importancia del adecuado manejo de las técnicas culinarias en el arte de la pastelería y repostería, lo que refleja que los jueces aportaron una calificación mayor a los postres

a base de pulpa de Maracuyá debido a la coloración amarilla según la variedad de la fruta utilizada, que proporcionó una atractiva visión de los productos.

Una situación similar a los resultados de Sabor, se presenta al evaluar la textura, la Fig. 3 indica una diferencia estadística

Medias y 95.0% de Fisher LSD

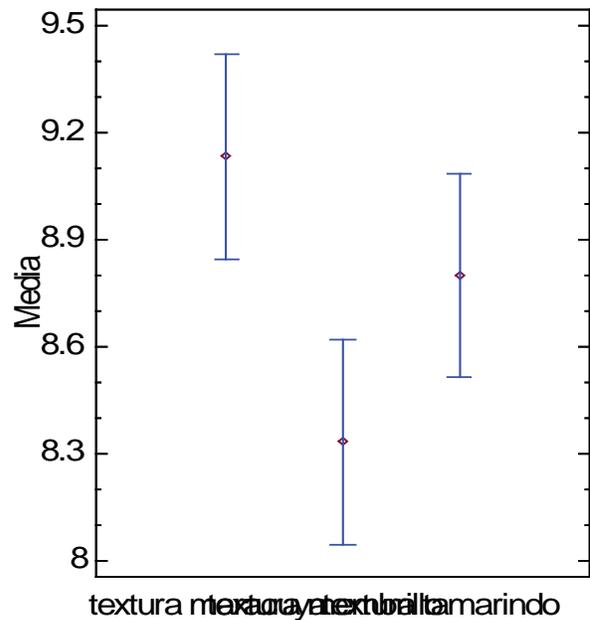


Figura 3: Evaluación de textura de las muestras de postres de 3 frutas.

significativa entre las calificaciones de textura otorgadas a los postres elaborados, siendo los postres de pulpa de Maracuyá los de mayor calificación aportando a los postres una textura suave y gelatinosa según el tipo de postre presentado, que al contrario de la extracción de la pulpa de los otros dos frutos, no proporcionó textura áspera y harinosa al paladar.

La Tabla 1 describe las formulaciones de los postres con mayor aceptación de cada fruta tropical.

CONCLUSIÓN

Se logró diversificar el uso de frutos tropicales consumidos en fresco, a productos de repostería conservando la calidad de los productos. Los valores de grado de aceptación de los postres reflejaron que el fruto con mayor aceptación fueron aquellos a base de pulpa de maracuyá, en cambio la aplicación de tamarindo y membrillo en platillos dulces, muestran que también son aceptados y que son productos novedosos debido al sabor que aportan dentro de un postre.

Tabla 1: formulaciones de los postres a base de pulpas de Maracuyá *Passiflora edulis*, Membrillo *Cydonia oblonga* y Tamarindo *Tamarindus indica*.

Pastel cremoso de Maracuyá <i>Passiflora edulis</i>		Pastel esponjoso de Membrillo <i>Cydonia oblonga</i>		Shortcake de Tamarindo <i>Tamarindus indica</i>	
Producto	%	Producto	%	Producto	%
Queso regional doble crema	30	Huevo fresco	1.8	Huevo fresco	1
Azúcar refinada	14	Azúcar refinada	15	Azúcar refinada	21
Pulpa de maracuyá	16.9	Harina de trigo floja	15	Harina de trigo floja	16
Huevo fresco	12	Mantequilla sin sal	1	Extracto de vainilla	1
Harina de trigo floja	16	Levadura química	0.2	Mantequilla sin sal	4
Mantequilla sin sal	10	Crema de leche montada	12	Chile piquín con sal y limón	3
Extracto de vainilla	1	Pulpa de membrillo	37	Pulpa de Tamarindo	16
Sal yodada	0.1	Mistela (Licor)	18	Crema de leche montada	11
				Leche de vaca	26
				Fécula de maíz	1

BIBLIOGRAFÍA

Sagarpa, 2011. SIAP [En línea] SAGARPA, 2011. [Citado el: 14 de Febrero de 2014.] http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index,sjp.

Sagarpa, 2013. Análisis Económico Agroalimentario. En: SAGARPA, <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estudios/Paginas/monitoreoestatal.aspx>. Chiapas; consulta Noviembre 2013.

Statgraphics XV, 2007. Statistical Graphical Corporation.

Propiedades Fisicoquímicas y Análisis de Componentes Principales como Herramientas de Clasificación del Polen Corbicular de la Zona Boyacá

Physicochemical Properties and Principal Component Analysis as Tool for Classification of Corbicular Bee Pollen from Boyacá

July A. Hernández^{1*}; Guillermo Salamanca¹; Nelson Rodríguez¹

¹ Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Universidad del Tolima. Ibagué - Tolima, Colombia A.A 546-
E-mail: jalexandrahl@gmail.com

Resumen. El polen es un producto natural de gran demanda en el mercado de los productos naturales, gracias a sus propiedades nutricionales y terapéuticas. El presente trabajo describió la clasificación de muestras de polen corbicular de la zona alto andina de Boyacá a partir de parámetros fisicoquímicos y técnicas de análisis multivalente por componentes principales. Las muestras analizadas presentaron un contenido medio en g/100 g para proteína, con $17,5 \pm 3,50$; lípidos $4,87 \pm 0,34$; cenizas $2,18 \pm 0,27$;

el contenido de humedad de las muestras fue variable y dependiente de las propiedades intrínsecas, dependieron de las condiciones geográficas predominantes en el área de colecta, en muestras frescas este parámetro estuvo entre 21 y 23%, la conductividad igualmente varió con las condiciones del entorno desde 1,24 a 1,63 mS/cm. Las cargas de polen fueron de carácter ácido (pH 5,11 a 6,15), acidez total de 196,1 a 302,8 (meq/kg). La fibra cruda 2,01 a 4,70 g/100 g; los azúcares totales $59,20 \pm 0,55$ y reductores $41,4 \pm$

7,4 g/100g. El análisis mediante componentes permitió la reducción de 11 variables a 4 componentes que explican el 78,6% de la variabilidad de los parámetros de análisis. La acidez total y la fibra cruda son los parámetros de mayor importancia en el proceso de clasificación.

Palabras clave: Alimentos, parámetros fisicoquímicos, polen corbicular, análisis multivariado.

Abstract. *Corbicular bee pollen is a natural product of high demand in the nutraceutical food market due to their nutritional and therapeutic properties. Physicochemical and principal components analysis were performed for high landscape samples from Boyacá. The samples analyzed have a average content in g/100 g protein, 17.50 ± 3.50 ; lipids 4.87 ± 0.34 ; ash 2.18 ± 0.27 ; the moisture content of the samples is variable, it is dependent on the intrinsic properties depend on the predominant geographical conditions in the area of collection, in fresh samples this parameter is between 21 and 23 %, the conductivity also varies with the conditions of the environment and from 1.24 to 1.63 mS/cm. The pollen loads are acidic (pH 5.11 to 6.15), total acidity of 196.1 to 302.8 (meq/kg). The crude fiber 2.01 to 4.70 g/100 g; the total sugars 59.20 ± 0.55 and reducers 41.4 ± 7.4 g/100g. The analysis by means of components has led to the reduction of 11 variables to 4 components that explain 78.6 % of the variability of the parameters analyzed. The total acidity and the crude fiber are the parameters of greatest importance in the classification process.*

Key words: Foods, physicochemical properties, corbicular bee pollen, multivariate analysis

INTRODUCCIÓN

El polen, es un producto natural, generado a partir de las anteras de las flores de las plantas superiores, considerado como alimento de alto valor biológico, por su aporte en proteínas, vitaminas y minerales. Este corresponde a un aglomerado de granos de polen de diferentes fuentes botánicas, que son recogidos por *Apis mellifera* y al que le han adicionado néctar y secreciones de las glándulas hipofaríngeas; se le considera una buena fuente nutricional, beneficiosa para la salud, debido a la presencia de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (Fuenmayor *et al.*, 2014; Maradiaga, 2005; Serra *et al.*, 1991). El producto se ha posicionado en mercados selectivos en virtud a sus propiedades funcionales, se emplea como suplemento en alimentación humana, cosmetología y en procesos terapéuticos (Almeida-Muradian *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2010). El análisis de los componentes estructurales del polen lo posicionan como un alimento tipo II, es decir aporta todos los aminoácidos esenciales, (Guo *et al.*, 2009; Salamanca *et al.*, 2002; Hernández y Reyes,

2012). El análisis en componentes principales (ACP) es una técnica descriptiva que permite estudiar las relaciones que existen entre las variables cuantitativas, sin considerar a priori, ninguna estructura, ni de variables, ni de individuos (Palm, 1998). El ACP parte de una matriz Y , de dimensiones $n \times p$, donde p corresponde al número de variables observadas en n individuos. La matriz Y , debe ser estandarizada para obtener promedios nulos y varianzas unitarias por variable, (Suarez, 2009). El objetivo del presente trabajo se ha centrado en la clasificación fisicoquímica del polen corbicular de la zona altoandina de Boyacá, mediante la combinación de los parámetros fisicoquímicos y el análisis de componentes principales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se colectaron 17 muestras de polen corbicular provenientes de 4 municipios de la zona altoandina de Boyacá ($5^{\circ} 47' 67''$ LN y $72^{\circ} 44' 49''$ LO; $6^{\circ} 03' 62''$ LN y $73^{\circ} 11' 17''$ LO), en las localidades de Tutazá, Paz del Río, Paipa y Sotaquirá, durante las campanas Enero – Mayo 2010. Las condiciones fisiográficas del entorno están asociadas a un sistema de bosque de cliserie entre 2200 a 3100 (m.s.n.m), a una temperatura media entre 12,0 y 14,2 °C, el régimen pluviométrico de 944 a 1315 mm/año.

Parámetros fisicoquímicos. Muestras frescas de polen corbicular fueron sometidas a proceso de secado con posterior evaluación de sus propiedades fisicoquímicas: humedad (Official Method 20.013), actividad de agua (aw), pH, acidez total (Official Method 962.12), conductividad (Official Method 10.041; Hernández *et al.*, 2012), proteína (Official Method 984.13; Hernández *et al.*, 2012), extracto etéreo (Official Method 7.060/84. 920.39/90), fibra cruda, cenizas (Official Method 942.05), azúcares totales y reductores, siguiendo las directrices del manual analítico AOAC con algunas modificaciones. Los resultados obtenidos en las caracterizaciones fisicoquímicas de las muestras de polen corbicular, fueron evaluados mediante análisis multivariado mediante componentes principales, haciendo uso del paquete Statgraphics Centurión XVTM 15.2.06.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas. Las muestras analizadas presentan un contenido medio en g/100 g para proteína, con $17,50 \pm 3,50$; lípidos $4,87 \pm 0,34$; cenizas $2,18 \pm 0,27$; el contenido de humedad de las muestras es variable, es dependiente de las propiedades intrínsecas, depende de las condiciones geográficas predominantes en el área de colecta, en muestras frescas este parámetro esta entre 21 y 23%, la conductividad

igualmente varía con las condiciones del entorno desde 1,24 a 1,63 mS/cm. Las cargas de polen son de carácter ácido (pH 5,11 a 6,15), acidez total de 196,1 a 302,8 (meq/kg). La fibra cruda 2,01 a 4,70 g/100 g; los azúcares totales $59,20 \pm 0,55$ y reductores $41,40 \pm 7,44$ g/100g. Los resultados difieren ligeramente de los reportados por el grupo de Fuenmayor *et al.*, 2014, posiblemente debido al periodo de colecta y en el caso de la acidez a las valoraciones a punto final, usualmente a pH 8,2 y no a 8,5; los parámetros restantes son similares. Todos los datos se muestran en la Tabla 1

El análisis de componentes principales aplicado a los parámetros fisicoquímicos del polen corbicular, permite

explicar la variabilidad de la calidad del polen a partir de cuatro componentes, que explican el 78,6% de la variabilidad de las propiedades de las muestras estudiadas. Los coeficientes que aportan mayor información para la clasificación de las muestras a partir de los dos primeros componentes se ilustran en la Figura 1, donde la humedad y acidez total son las variables de mayor significación; estos parámetros varían entre $4,10 \pm 0,73$ y $5,86 \pm 0,50$ g/100g y $204,6 \pm 0,17,2$ y $274,9 \pm 0,30,9$ meq/kg en base seca. La acidez total, conductividad ($1,26 \pm 0,05$ a $1,44 \pm 0,11$) mS/cm y sólidos iónicos totales ($0,64 \pm 0,02$ a $0,72 \pm 0,05$) partes por mil. Los azúcares reductores son contribuyentes en la tercera componente, mientras que la fibra lo es para la cuarta.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de polenes corbiculares colombianos en base seca

Origen	Humedad	aw	pH	Acidez Total	Fibra Cruda	Azúcares Totales	Lípidos	Proteína
Paipa	$5,86 \pm 0,50a$	$0,320 \pm 0,05a$	$5,32 \pm 0,03a$	$274,9 \pm 30,9a$	$3,14 \pm 0,09a$	$59,2 \pm 1,40a$	$4,31 \pm 0,21a$	$10,6 \pm 0,72a$
P. del Río	$4,20 \pm 0,70b$	$0,441 \pm 0,02b$	$5,70 \pm 0,26b$	$204,6 \pm 17,2b$	$4,69 \pm 0,32b$	$60,2 \pm 3,20b$	$4,96 \pm 0,38b$	$15,5 \pm 3,40b$
Sotaquirá	$4,10 \pm 0,73 b$	$0,300 \pm 0,03c$	$5,53 \pm 0,34c$	$234,6 \pm 23,2c$	$2,47 \pm 0,52c$	$58,9 \pm 3,20a$	$4,75 \pm 0,50c$	$16,2 \pm 3,40b$
Tutaza	$4,68 \pm 0,38c$	$0,510 \pm 0,04d$	$5,69 \pm 0,20b$	$236,2 \pm 28,4c$	$3,84 \pm 0,60d$	$59,7 \pm 2,7b$	$5,10 \pm 0,10d$	$19,7 \pm 2,30c$

Letras similares en la misma columna son indicativas de similitud. Evaluaciones al 95% de confianza.

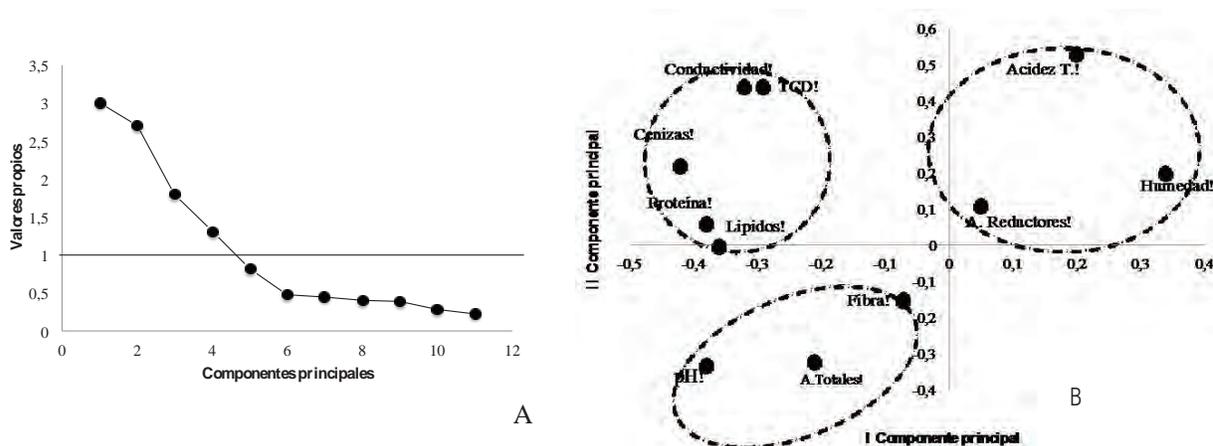


Figura 1. A). Representación de los componentes principales y B). Relación para las primeras componentes principales y su aporte de las variables para el proceso de clasificación del polen corbicular

CONCLUSIÓN

Los resultados observados en el estudio de las propiedades fisicoquímicas del polen facilitan su clasificación según el origen biogeográfico. En las muestras llama la atención el aporte proteico, el reducido contenido de lípidos. El análisis ACP permitió la reducción de 11 variables a 4 componentes

principales que muestran la correlación existente entre las variables. La acidez total y la fibra cruda son los parámetros importantes para cada uno de los procesos de clasificación. El contenido de minerales y la reducida fracción grasa lo convierten en un suplemento energético de alto valor biológico. Los parámetros que más influyen en la clasificación

de las muestras son los parámetros de acidez, conductividad y humedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida-Muradian, L. B., L.C. Pamplona, S. Coimbra and O.M. Barth. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, Rome, 18(1): 105-111.
- Fuenmayor, B.C., D.C Zuluaga, M.C. Díaz, M. Quicazán, M. Cosio and S. Mannino. 2014. Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen. *Rev. MVZ Córdoba* 19(1):4003-4014.
- Guo, J., P. Zhang and Z. Zhang. 2009. Studies on chemical constituents from bee-collected rape pollen. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 34(10): 1235-1237.
- Hernández, L.J., V.C. Reyes and G.G. Salamanca. 2010. Propiedades fisicoquímicas y valor nutricional del polen corbicular colectado por *Apis mellífera* (Hymenoptera: apidae) en consociaciones boscosas de la zona altoandina de Boyacá. [Resumen]. XXIX Congreso latinoamericano de química. XVI Congreso colombiano de química. VI Congreso colombiano de cromatografía.
- Hernández, L.J. y V.C. Reyes. 2012. Origen botánico, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del polen corbicular colectado por *Apis mellífera* L. (Hymenoptera: Apidae) en zona de bosque Altoandino de Boyacá. Trabajo de grado en Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad del Tolima.
- Palm, R. 1998. L'analyse en composantes principales: principe et application. Notes de statistique et d'informatique. Gembloux, Belgique.
- Maradiaga, D.I. 2005. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del polen de abejas de cinco departamentos de Honduras. Trabajo de grado para la obtención del título de pregrado en Ingeniería agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Honduras. 72 p.
- Salamanca, G.G., V.E. Hernández, G.E. Vargas. 2002. El polen en el sistema de puntos críticos cosecha propiedades y condiciones de manejo. En Web: www.apiservices.com. Consultado el 26 de febrero de 2011.
- Serra, B.J., P.F. Escura and P.J. Giner. 1991. Quantitative Determination of Free Amino Acids in Bee Pollen Using Gas Chromatography and Spectrophotometry. *Ann. Fasif. Expert. Chim. Toxicol.* 84: 153-166.
- Suarez, L.S. 2009. Determinación de aniones y cationes en la miel mediante electroforesis capilar. Tesis de grado. Facultad de farmacia. Universidad de Santiago de Compostela. 191 p.

Efecto de Inhibidores de Maduración y Pardeamiento en la Calidad de Mango “Tommy Atkins” mínimamente procesado

Effect of Maturation Inhibitors and Browning on the Quality “Tommy Atkins” Minimally Processed

Luis Eduardo Ordoñez-Santos¹; Dayron Enrique Gutiérrez-Cifuentes²; Ana Milena Gutiérrez-Teran²; Saul Dussán-Sarria¹

¹ Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. leordonezs@unal.edu.co.

² Estudiante de Maestría de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. daegutierrez@unal.edu.co.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar la acción del 1-methylcyclopropene (1-MCP), ácido ascórbico, ácido cítrico y CaCl_2 en los atributos de calidad del mango Tommy Atkins mínimamente procesado. El pH, vitamina C, carotenoides totales y color superficial en las muestras fueron evaluadas, un diseño factorial de 2^3 completamente al azar de 9 tratamientos incluido el control fue utilizado en la evaluación. Después de concluir los 24 días de almacenamiento el mango mínimamente procesado tratado con $600\mu\text{g/L}$ 1-MCP, 1% A. ascórbico, y 1% CaCl_2 reportan los mayores valores de color superficial L, C y h. Mientras las

muestras tratadas con $600\text{-}900\mu\text{g/L}$ 1-MCP, L-Cisteína 0,55%, y 3% CaCl_2 registraron los mayores valores de carotenoides totales y vitamina C.

Palabras clave: Ácido ascórbico, B-carotenos cisteína, calcio, color superficial.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the action 1-methylcyclopropene (1-MCP), ascorbic acid, citric acid and CaCl_2 in the attributes of Tommy Atkins mango quality minimally processed. pH, vitamin C, total carotenoids and

surface color were evaluated in the samples. A 2³ factorial completely randomized with 9 treatments including control was used in the evaluation. After completing 24 days of storage minimally processed mango treated with 600µg / L 1-MCP 1% ascorbic A., and 1% CaCl₂ reported higher surface color values L, C and h. On the other hand, the samples treated with 600-900µg/L 1-MCP, L-Cysteine 0.55%, and 3.00% CaCl₂ recorded higher values of total carotenoids and vitamin C.

Key words: Ascorbic acid, cysteine B-carotene, calcium, coloranalysis.

INTRODUCCIÓN

Los productos mínimamente procesados es una alternativa en la generación de valor agregado en frutas tropicales, ofrece al consumidor un producto fresco y listo para consumo, y es importante que este tipo de productos conserve la calidad con el fin de incidir en la decisión final de compra del consumidor. En tal sentido diversos estudios se han llevado a cabo, entre ellos Chantanawarangoon *et al.*, (2000) determinaron, que mango tratado con calcio, y antioxidantes, alcanzaron una vida útil de 17 días. Robles *et al.*, (2009) y Torres *et al.*, (2012) extendieron la vida útil del mango hasta por 16 días con tratamiento similares. Se hacen necesarios métodos alternativos para la preservación de los atributos de calidad del mango cortado para asegurar su manejo, distribución y venta. El objetivo de este trabajo fue evaluar la acción del 1-MCP, antioxidantes y calcio en los atributos de calidad del mango Tommy Atkins mínimamente procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron mangos `Tommy Atkins` seleccionados, clasificados en estado de madurez 2 (ICONTEC, 2003). Estos se sometieron a limpieza y desinfección, posteriormente se sumergieron en las soluciones según los tratamientos: T1 y T2 (600µg L-1 1-MCP, 1% ácido ascórbico, 1 y 3% CaCl₂, respectivamente), T3 y T4 (600 µg L-1 1-MCP, 0,55% L-cisteína y 1 y 3% CaCl₂, respectivamente) T5 y T6 (900 µg L-1-MCP, 0,55% L-cisteína, 3 y 1% CaCl₂, respectivamente), T7 y T8 (900 µg L-1-MCP, 1% ácido ascórbico, 1 y 3 % CaCl₂, respectivamente), T9 es el testigo. Las muestras de mango (150 g aproximadamente en trozos promedio de 110x15x10 mm), se empacaron en cajas PET refrigeradas a 5°C y 80-90% de HR, y evaluadas cada 4 días durante 24 días. El pH se determinó según la norma ICONTEC 4592, la vitamina C (mg ácido ascórbico/ 100 g de muestra) y total de carotenoides (µg de β-caroteno/g pulpa) se determinaron de acuerdo Ordoñez and Vásquez (2010) y los parámetros de color se determinaron mediante un colorímetro Konica Minolta CR-400 Colorimeter digital, lámpara D65 con observador estándar 2, las mediciones se expresaron en términos

de L*, C* y °Hue. Se siguió el diseño completamente al azar en esquema factorial 2x2x2 para un total de 9 tratamientos incluyendo el control. Se realizó ANOVA y comparación entre medias a través de la prueba rango múltiple de Duncan (p≤0,05). Para los datos se utilizó el software JMP 9.0 (SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con menores valores de pH durante el estudio fueron T2, T4, T5, T7 y T8. Siddiq *et al.*, 2013 y Torres *et al.*, 2012 encontraron tendencias similares. Todos los tratamientos mostraron mayores contenidos de vitamina C que el testigo. Al finalizar el estudio los tratamientos con mayor contenido de vitamina C fue el T3 con 44,17 mg/100g (Figura 1). En otros estudios (Torres *et al.*, 2012; Robles *et al.*, 2013) se encontraron especies de mango donde las concentraciones de vitamina C se elevaron en los primeros días y posteriormente disminuyeron mientras que para otras la reducción empezó desde el primer día (Gonzales *et al.*, 2008). En cuanto al contenido de total de carotenoides, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo. Estos resultados son similares a los reportados por Robles-Sánchez *et al.*, (2009) y González *et al.*, (2008). Al cabo del estudio el tratamiento T5 obtuvo el mayor contenido de total carotenoides

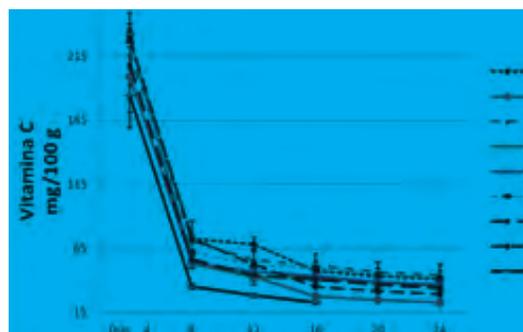


Figura 1. Cambios de la vitamina C durante el almacenamiento.

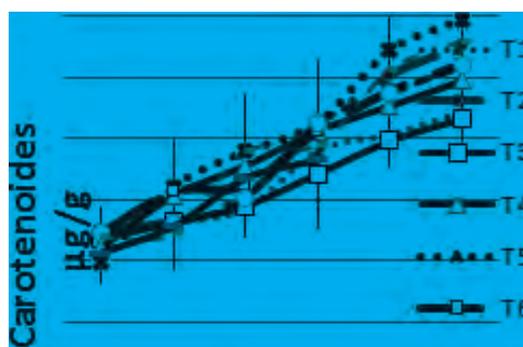


Figura 2. Cambios de carotenoides totales durante el almacenamiento.

27,75 $\mu\text{g/g}$. (Figura 2).

Todos los tratamientos redujeron la pérdida de luminosidad (L^*), aquellos con mayores valores al finalizar el estudio fueron T1, T2, T7 y T8, los cuales presentaron ácido ascórbico como antioxidante en común. Por otra parte los tratamientos T1 y T2 presentaron mayores valores de C^* al finalizar el estudio, estos tuvieron en

común el tratamiento con 600ppb de 1MCP + ácido ascórbico al 1% como antioxidante (Figura 3).

Valores de $^{\circ}\text{Hue}$ inferiores a 80 indican pardeamiento en el mango (Rocha y Moreais, 2003), los tratamientos con mayores valores a este fueron T1, T2, y T8 los cuales tenían en común la aplicación de ácido ascórbico como antioxidante. Otros estudios (Torres *et al.*, 2012; Chiumarelli *et al.*, 2011) han demostrado mejores características de color en tratamientos cuando es adicionado

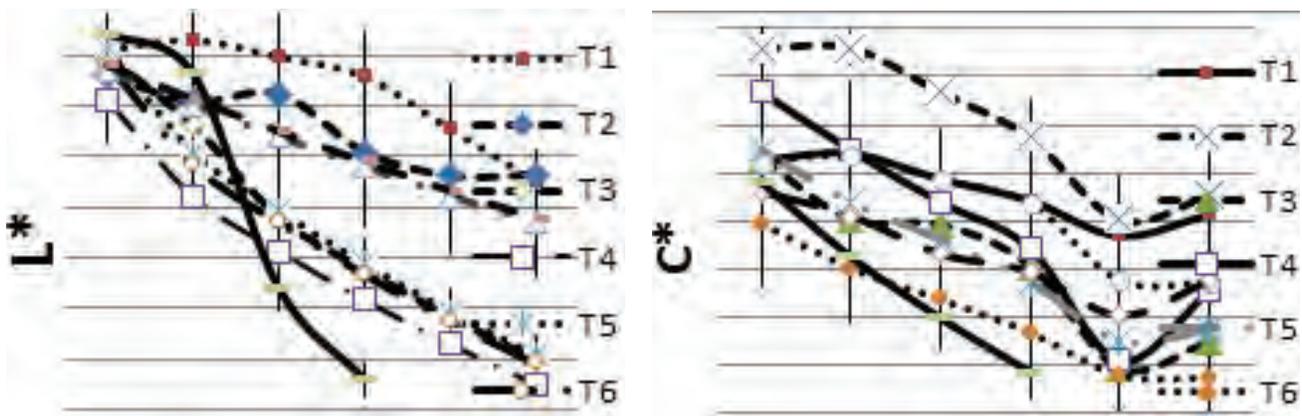


Figura 3. Cambios de L^* y C^* durante el almacenamiento.

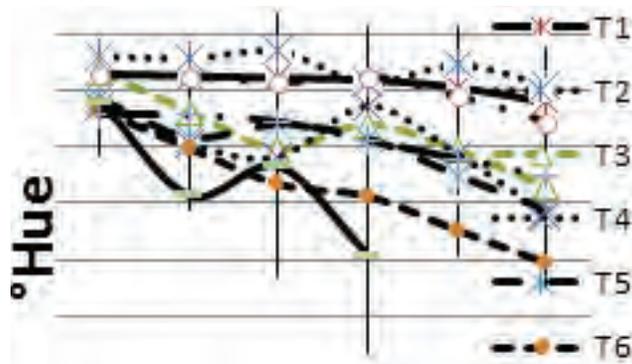


Figura 4. Cambios de tono (h) durante el almacenamiento.

ácido ascórbico, cítrico o mezcla de ellos, en comparación a otros antioxidantes (Figura 4).

CONCLUSIÓN

En todas las condiciones evaluadas en mango ‘Tommy Atkins’ mínimamente procesado, durante el periodo de almacenamiento los valores de pH, L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ y vitamina C descendieron. Mientras que el contenido de carotenoides totales aumentó. El tratamiento que presentó los mejores valores de pH, luminosidad (L^*), cromaticidad

(C^*) y tonalidad ($^{\circ}\text{Hue}$) fue T2 (600 $\mu\text{g L}^{-1}$ de 1-MCP, 1% de ácido ascórbico y 3% de CaCl_2).

BIBLIOGRAFÍA

- Chantanawarangoon, S. 2000. Quality maintenance of fresh cut mango slices. Master Thesis. Davis, CA: University of California. 79p.
- Chiumarelli, M., C.C. Ferrari, C. Sarantópoulos and M. Hubinger. 2011. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre-treated with citric

- and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12(1): 381-387.
- González, G.A., J. Celis, R.R. Sotelo, L.A. De la Rosa, J. Rodrigo-García and E. Álvarez-Parrilla. 2008. E. Physiological and biochemical changes of different fresh cut mango cultivars stored at 5°C. *International Journal of Food Science & Technology* 43(3): 91-101.
- ICONTEC. 1999a. NTC 4592. Productos frutas y verduras determinación de pH.
- ICONTEC 2003. NTC 5210 Frutas frescas Mango Variedades Mejoradas. Especificaciones.
- Ordoñez, L.E and A. Vásquez-Riascos. 2010. Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 24 (3):387-399.
- Robles-Sánchez, R.M., M.A. Rojas-Grau, I. Odriozola-Serrano, G.A. González-Aguilera and O. Martín-Belloso. 2009. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh cut "Kent" mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51(2): 384-390.
- Robles-Sánchez, R.M., M.A. Rojas-Grau, I. Odriozola-Serrano, G.A. González-Aguilera and O. Martín-Belloso. 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *Food Science and Technology*, 50(2): 240-246.
- Rocha, A.M and A.M. Moreais. 2003. Shelf life of minimally precessed apple (cv. Jonagored) Determinated by color changes. *Food Control*, 14(1): 13-20.
- Siddiq, M., D.S. Sogi and K.D. Dolan 2013. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh cut "Tommy Atkins" mangoes as affected by different pre-treatments. *Food Science and Technology*, 53(1): 156-162.
- Torres Leon, Cristian. 2012. Manejo agroindustrial y almacenamiento refrigerado de Mango "Tommy Atkins" mínimamente procesado

Desarrollo de un Té con Hojas y Capuchones de Uvilla (*Physalis peruviana* L.)

Development of an Herbal Tea Using Cape Gooseberry (Physalis peruviana L.) Leaves and Calixes

Cecilia Mercedes Carpio²; José Isaac Molina¹; William Fabián Teneda³

¹ Joven Investigador. Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
Universidad Técnica de Ambato-Ecuador.

² Profesora-Investigadora. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
Universidad Técnica de Ambato-Ecuador.

³ Profesor-Investigador. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos - Universidad Técnica de Ambato-Ecuador. Campus Académico Huachi. Av. Los Chasquis y Río Payamino, C.P 18 01334, wf.teneda@uta.edu.ec

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar la posibilidad de utilizar hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.) para la preparación segura de un té. Con este propósito se examinó si estas dos materias primas contienen glucósidos cianogénicos que liberen HCN durante el procesamiento. Además, se evaluó el empleo de un proceso de escaldado con vapor y secado a diferentes temperaturas para disminuir el contenido de glucósidos cianogénicos a niveles aceptables. Los resultados demostraron que los tratamientos propuestos redujeron el contenido de HCN, la máxima reducción (hasta en 99,34% en hojas y, en 98,72%, en capuchones) se produjo a 60°C. Se calculó además el coeficiente de difusión (D) para hojas y capuchones, notándose que, a todas las temperaturas evaluadas, los valores de D son mayores para hojas de uvilla pero en los dos casos son del orden de 10⁻⁹cm²/s, valores que normalmente se presentan en sólidos.

Palabras claves: Glucósidos cianogénicos, secado, coeficientes de difusión.

Abstract. The aim of this study was the assessment of the possible utilization of cape gooseberry leaves and calixes to prepare an herbal tea. For this purpose it was examined whether these raw materials contain cyanogen glycosides that can release HCN during its utilization. Furthermore, it was evaluated the usage of beaching with steam and different drying temperatures to reduce the cyanogen glycoside content to acceptable levels. The results show that the proposed treatments diminished HCN content, maximal reduction (up to 99.34% in leaves and 98.72% in calixes) was attained at 60°C. Diffusion coefficient (D) was also calculated for both materials. It was noticed that D values for cape gooseberry leaves were higher than those for calixes at every temperature tested, but all of them are around 10⁻⁹cm²/s which is common for solids.

Key words: cyanogen glycosides, drying, diffusion coefficient.

INTRODUCCIÓN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), es un arbusto tropical, nativo de Sudamérica, perteneciente a la familia Solanaceae; su fruta es amarilla, dulce y pequeña similar a un tomate; está protegida por un cáliz que la cubre completamente a lo largo de su desarrollo y maduración evitando el ataque de insectos, aves, enfermedades y condiciones climáticas adversas.

A las buenas características nutricionales que se le atribuyen a la uvilla (fruta) se suman muchas propiedades medicinales. Los cálices se utilizan por sus propiedades anticancerígenas, antimicrobianas, antipiréticas, diuréticas, antiinflamatorias e inmunomoduladoras (Franco *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2005). Los extractos de las hojas de esta planta han mostrado importantes actividades antibióticas, antioxidantes y antiinflamatorias (Wu *et al.*, 2005).

Los estudios fitoquímicos de este género han demostrado la presencia de witanólidos, esteroides, alcaloides, glicósidos y flavonoides (Puentes, 2011). Los extractos en agua caliente se utilizan para preparar bebidas saludables. El extracto de las hojas y tallos contiene fisalinas y glicósidos que son capaces de inhibir el crecimiento de células tumorales (Wu *et al.*, 2005). Sin embargo, cabe la posibilidad de que estén presentes algunos glicósidos que liberen ácido cianhídrico por un proceso enzimático cuando los tejidos vegetales se dañan mecánicamente, o cuando se comen.

El consumo de la uvilla fresca, seca o procesada da lugar a la generación del subproducto (capuchones), uno de los usos más sugeridos es directamente la elaboración de té, consecuentemente, la utilización de cálices y hojas imponen la comprobación de su inocuidad, particularmente de su contenido en compuestos cianogénicos que podría limitar su uso para la preparación de infusiones. Por esta razón, el presente estudio propone la determinación de la presencia y los posibles niveles de estos compuestos para garantizar el uso seguro de los cálices y de las hojas de la uvilla en forma directa para la elaboración de funditas para infusiones o permitirá establecer si es necesario aplicar un tratamiento térmico que elimine el ácido cianhídrico que es un compuesto soluble y volátil (Calvo, n.d).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el secado se utilizaron hojas y capuchones de uvilla del ecotipo colombiano variedad que cultiva la Asociación Tierra Productiva. Los productos químicos utilizados fueron: hidróxido de sodio, sulfato ferroso, ácido clorhídrico, hidróxido de amonio, yoduro de potasio y nitrato de plata, todos de grado analítico.

Obtención de la materia prima para elaborar el té. Los cálices se obtuvieron al separarlos de la fruta cosechada y las hojas,

al desprenderlas del tallo. Se apartaron porciones de hojas y cálices las cuales fueron utilizadas como control. Todo el material incluyendo el control fue lavado. Los cálices y hojas (sin el control) fueron sometidos a un escaldado con vapor por 5 min y secados en un secador de túnel de fabricación nacional a 40, 50 y 60°C luego de cortarlos en trozos de aproximadamente 1cm en un procesador. Se elaboraron las curvas de secado correspondientes y se determinaron los coeficientes de difusividad. El producto seco fue molido en un molino de martillos para envasarlo en su presentación final. El diseño experimental utilizado fue un 22 con dos réplicas. Las variables de estudio fueron la temperatura de secado, (40, 50 y 60°C) y la materia prima (hojas y capuchón); en tanto que las variables de respuesta fueron los contenidos de humedad (%) y de compuestos cianogénicos (mg/kg de producto).

Determinación del contenido de glucósidos cianogénicos. La cuantificación de glucósidos cianogénicos en el control y en hojas y capuchones al final del secado a 40, 50 y 60°C se realizó por duplicado mediante el método descrito en el AOAC 915.03 (2006), parte B. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico Statgraphic Centurion. Se confirmó la presencia de glucósidos cianogénicos mediante la prueba de Magnin (Voguel, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficiente de difusión (m^2/s). La solución de la segunda Ley de Fick para transporte unidireccional, cuando se considera una distribución de humedad uniforme al inicio y que la resistencia externa a la transferencia de masa es omisible, hizo posible utilizar la ecuación

$$X^* = \left(\frac{8}{\delta^2} \right) e^{-(\pi^2 D t) / d^2}$$

para planos. La linealización de dicha ecuación y la pendiente de la gráfica de la razón de contenidos de humedad (ordenadas) contra el tiempo, permitió determinar los valores de los coeficientes de difusividad para hojas y capuchones de uvilla secados a las tres temperaturas (Tabla 1). El D más alto ($5,016 \times 10^{-9} cm^2/s$) fue el obtenido para el tratamiento a2b0 (60°C-hojas) y el D más bajo ($1,655 \times 10^{-9} cm^2/s$) el calculado para el tratamiento a0b1 (40°C-capuchones). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Esturau (2011), quien menciona que un aumento en la temperatura incrementa la difusión y que los coeficientes de difusión para sólidos son del orden de $10^{-9} cm^2/s$. Estos resultados demuestran que el efecto de la temperatura sobre este parámetro guarda una relación directa. Además, el coeficiente de difusión depende también directamente de la pendiente y del espesor o grosor de la muestra con la que se trabaja.

Ácido cianhídrico (mg HCN/kg producto seco). Se realizaron dos tipos de ensayo para comprobar la presencia de HCN en hojas y capuchones de uvilla. El primero, un análisis cualitativo,

denominado Ensayo de Magnin y el segundo el método cuantitativo de titulación alcalina de la AOAC. El primero se basa en la formación de azul de Prusia (un hexacianoferrato férrico o ferrocianuro férrico que fue descubierto de manera accidental) por la combinación del CN⁻ con sales ferrosas en medio alcalino, seguido por la acidificación con HCl para neutralizar el exceso de álcali y notar límpidamente la formación del azul de Prusia indicativo de la presencia de HCN.

Tabla 1. Coeficiente de difusión para hojas y capuchones de uvilla

Muestra	Temperatura [°C]	Coeficiente de difusión D 10 ⁻⁹ [cm ² /s]
Hojas	40	3,62
	50	4,19
	60	5,02
Capuchones	40	1,66
	50	1,76
	60	1,81

El Método Oficial de Titulación Alcalina 915,03 (parte B) de la AOAC fue el ensayo cuantitativo utilizado para determinar el contenido de HCN tanto en las muestras de hojas y capuchones sin tratamiento (control), así como en hojas y capuchones secados a 40, 50 y 60°C; mediante el empleo de la ecuación $1\text{ml } 0,02\text{M AgNO}_3 = 1,08\text{mg HCN}$, los datos de contenido de humedad y el peso de la muestra utilizada para la destilación. Ver Tabla 1

El contenido promedio de HCN en el control fue de 1730,79 mg HCN/kg hojas secas y 1805,33 mg HCN/kg capuchones secos. Estos valores decrecieron a medida que la temperatura de secado aumentaba, hasta llegar a 11,49 y 23,03 mg HCN/kg para hojas y capuchones, respectivamente, cuando las muestras se secaron a 60°C luego de recibir un tratamiento con arrastre de vapor por un lapso de 5 minutos.

CONCLUSIONES

Se determinó que efectivamente existen glucósidos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.) perteneciente al ecotipo colombiano. El contenido promedio de HCN en ambos tipos de residuo (control) fue de 1805,33 mg HCN/kg de capuchones secos y 1730,785mg HCN/kg de hojas secas. Se determinó que el tratamiento térmico con vapor (escaldado) por 5 minutos y el posterior secado de hojas y capuchones a 60°C reduce el contenido de glucósidos cianogénicos hasta en un 99,34% en hojas y, en 98,72% en capuchones.

Se calculó el coeficiente de difusión (D) para las hojas y

capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60°C. Todos los valores de D para hojas resultaron ser mayores a los valores de D para capuchones, presentado el tratamiento a2b0 (60°C–hojas) el valor más alto (5,016x10⁻⁹cm²/s), mientras que el menor D (1,655x10⁻⁹cm²/s) se produjo mediante el tratamiento a0b1 (40°C–capuchones).

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen el apoyo financiero proporcionado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato, a la Asociación de Productores de Uvilla Tierra Productiva y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos en cuyos laboratorios se desarrollaron los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2006. 915.03 (parte B). Ácido Cianhídrico en Granos: Método de Titulación Alcalina.
- Calvo, M. n.d. Glucósidos cianogénicos. en Bioquímica de los alimentos. En: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/toxico/glucosidoscn.html>.
- Esturau, N. 2011. Medidas de coeficientes de difusión por RMN. Metodología, aspectos experimentales y fundamentos. Tesis doctoral. Departamento de Química, Facultad de ciencias. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. 195 p.
- Franco, L., G. Matiz, J. Calle, R. Pinzón y L. Ospina. 2007. Actividad antiinflamatoria de extractos y fracciones obtenidas de capuchones de *Physalis peruviana* L. Cartagena.
- Puente, L.A., C.A. Pinto-Muñoz, E.S. Castro, M. Cortés. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit. A review. *Food Research International* 44 (7): 1733–1740.
- Voguel, A.I. 1969. Química analítica cualitativa. 5a Edición. Editorial Kapelusz, Buenos Aires. pp.266.
- Wu, S., L. Ng, Y. Huang, D. Lin, S. Wang, S. Huang and C. Lin. 2005. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 28(6): 963-966.

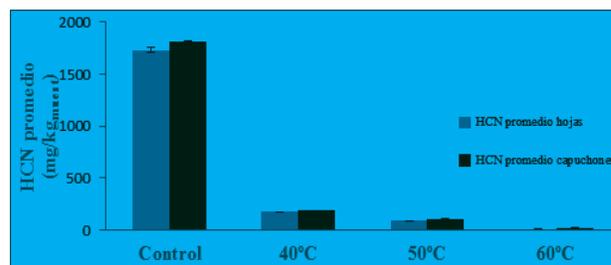


Figura 1. Ácido cianhídrico promedio presente en hojas y capuchones de uvilla sin tratamiento (sin escaldado y secado) y tratados (escaldado por 5 min y secado)

Elaboración de Polvos a Base de Frutas Aromáticas para su Aplicación en la Panificación

Development of a Fruit Powder Herbs for Application in the Region Breadmaking Escarcega

Maximiliano Vanoye Eligio¹; Claudia Patricia Gorosica Guerra²;

Martha Elena Cervantes Sánchez¹ y Katuska Alejandra Torres Sauri¹

¹Profesor de Asignatura. Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. marthita_cer@hotmail.com

²Ingeniero en Industrias Alimentarias. Instituto Tecnológico Superior de Escárcega

Resumen. Los pulverizados de frutas son de gran utilidad en la industria alimentaria con diversas finalidades. Estos se utilizan en diferentes partes del país y del mundo. En el estado de Campeche la elaboración de polvos a base de frutas no se aplica, esto puede deberse a diversos factores, entre ellos el desconocimiento y la falta de tecnologías. En la presente investigación la finalidad fue la elaboración de polvos a base de frutas de la región mediante el secado y la molienda, está se desarrolló de Agosto de 2013 a Enero de 2014 en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Como resultados se obtuvieron los polvos de tres frutas de la región, la guanábana, zapote mamey y plátano macho. Para la guanábana se determinó que es una fruta sensible, ya que al someterla al calor tiende a quemarse, además, perdió olor, sabor y color, en el caso del zapote, los resultados son similares a los obtenidos en la guanábana, y para el plátano, el polvo que se obtuvo fue el que menos propiedades organolépticas perdió, ya que el olor se mantuvo y el sabor no cambio. El pulverizado seleccionado para la panificación fue el del plátano a una dosis de 50:50 y 25:75, siendo la dosis de 50:50 la de mayor aceptación ante el público en general. Se logró el desarrollo de polvos, siendo el del plátano la que presenta potencial en la panificación.

Palabras clave: Pulverizados, Campeche, panaderías.

Abstract. Sprayed fruits are useful in the food industry for various purposes. They are used in different parts of the country and the world. In the state of Campeche making powders from fruit does not apply, this can be due to several factors, including ignorance and lack of technology. The aim of this study was to develop powders based on regional fruits by drying and grinding. It was developed from August 2013 to January 2014 in the premises of the Higher Institute of Technological Escárcega. As results powders of three fruits of the region: soursop, sapote mamey, and plantain macho. For soursop and banana was determined to be sensitive fruits, as when subjected to heat tends to burn also missed smell, taste and color. In the case of sapote, the results are similar to those obtained in the soursop. The plantain powder obtained was the one with less organoleptic properties lost as the smell and taste remained no change. The breadmaking

pulverized was selected as plantains at a dose of 50:50 and 25:75, 50:50 dose being the most accepted by the public in general. Development of powders was achieved, being the plantain which presented potential in bread making.

Key words: Pulverized, campeche, bakeries.

INTRODUCCIÓN

La deshidratación o el secado de las frutas consiste en eliminar la mayoría de agua contenida en estas, eliminando una parte del agua, lo cual evita el desarrollo de los microorganismos (Caetano *et al.*, 2007). Uno de los resultados de esta deshidratación es con el fin de obtener polvos a base de frutas, los cuales son aquellos que son procesados mediante una molienda y con una mínima cantidad y del cual se obtiene el polvo a base de frutas. En este estudio se consideraron tres frutas de la región, las cuales se mencionan abajo con sus características:

Guanábana (*Annonamuricata*). El fruto es ovalado o en forma de corazón, a veces irregular, asimétrico o curvo, debido al desarrollo anormal del fruto por lesiones de insectos. La fruta está cubierta con una piel coriácea, delgada, reticulada, no comestible, de la que surgen desde pocas, hasta muchas protuberancias finas curvadas y blandas que semejan espinas. Estas protuberancias se van haciendo más cortas a medida que la fruta madura. El aroma de la pulpa es típico y algo similar a la piña, de sabor ácido-subácido y único. La mayoría de los segmentos de la fruta contienen semillas. Esta fruta presenta grandes beneficios para el ser humano

Zapote mamey (*Porteria sapota*). El zapote o conocido en otros países como zapote mamey cuyo nombre científico es *Porteria sapota*, perteneciente a la familia de las Sapotáceas. Es una baya rugosa de forma elipsoidal u ovoidal, con un cáliz grande permanentemente en la base y un resto de pistilo en el ápice. Mide de 10 a 25 cm. de longitud y de 8 a 12 cm. de ancho, alcanzando algunos hasta peso de 3 Kg. La cáscara es delgada pero fuerte color pardo rojiza. La pulpa o mesocarpio es rojo, dulce, olor característico, suave cuando madura y casi libre de fibras.

Plátano macho (*Musa balbisiana*). Se utilizan un variado de nombres comunes del plátano macho (*Musa balbisiana*), plátano (algunos países latinoamericanos), plantain (inglés y francés). Normalmente se consume verde o maduro, hervido, frito o cocinado de alguna otra forma. El fruto del plátano es una baya partenocarpia; es decir, se forma sin necesidad de que las flores femeninas sean polinizadas. Por ser un fruto climatérico, continua madurando después de la cosecha pero el fruto debe recolectarse cuando está fisiológicamente maduro (verde-maduro). Su forma, tamaño y color depende de la variedad cultivada

El plátano verde-inmaduro y verde-maduro, está constituido principalmente por almidones y taninos. Cuando madura, la pulpa contiene aproximadamente 70% de agua, la cual es rica en carbohidratos y fácilmente digerible, además contiene un bajo porcentaje de proteínas y grasas, sin embargo, es buena fuente de vitaminas A, B1, B2 y C (CENTA, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el Laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega durante el periodo de Agosto de 2013 a Enero de 2014, realizando diferentes productos en la elaboración del pulverizado de frutas de guanábana, plátano macho y zapote mamey para su aplicación en la panificación. El proceso que se les aplicó a las tres frutas se representa a continuación:

Descripción de las actividades. Para el logro de la investigación, primero se seleccionó la fruta adecuada, la cual fue lavada y secada de manera tradicional. Posteriormente se procedió a la eliminación de la cascara y el cortado en rodajas para un mejor

secado. Para evitar la oxidación se utilizaron químicos. Las rodajas se colocaron en charolas, las cuales se monitorearon cada media hora.

Terminado el secado se sacó del horno y rápidamente se trituró pasándolo así mismo por un colador, el cual sirvió como tamizador para poder retirar los pedazos más grandes y volverlos a pasar en la licuadora. Sin embargo, existió una ligera variación del proceso del plátano macho y el zapote mamey, ya que en el primero cambió el paso en el rebanado, puesto que este se cortó el plátano en rodajas de aproximadamente 3milímetros de grosor y el zapote mamey cambio en el amasado, ya que se recolectó toda la pulpa de la fruta y se amasó para luego esparcirla por toda la charola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los polvos. Los resultados de las características organolépticas obtenidos en el proyecto de investigación se presentan a continuación en la Figura 1:

Pérdida de humedad en las frutas. En la parte inferior a este texto, se puede observar que existe diferencia entre las tres frutas que se manejaron en este proyecto, en el cual se puede ver que la guanábana tarda más tiempo en perder hasta el 90% de agua, mientras que el plátano es el que presenta menos tiempo en perder humedad, hasta el punto que se requiere para hacer polvos (Tabla 1, Figura 2, 3 y 4).

Evaluación sensorial de los polvos en los panes. Por otra parte, con respecto a la evaluación sensorial que se les aplicó a aquellos panes que tenían entre un 25-50% de polvo a base de plátano, los resultados se muestran en las siguientes Figuras 5 y 6.

Tabla 1. Pérdida de humedad en las tres frutas.

repetición	Tiempo 1	Peso inicial	% humedad perdida	Tiempo 2	% humedad perdida	Tiempo 3	% humedad perdida	Tiempo 4	% humedad perdida	Tiempo 5	% de humedad perdida	Tiempo 6	% de humedad perdida
Repetición 1 (plátano)	10:00-11:00	100g	39%	11:00-12:00	57%	12:00-1:00	68%	1:00-2:00	81%	2:00-3:00	84%		
Repetición 2 (plátano)	11:00-12:00	200g	18%	12:00-1:00	59%	1:00-2:00	70%	2:00-3:00	80%	3:00-4:00	87%		
Repetición 3 (plátano)	9:00-10:00	184 g	28%	10:00-11:00	60%	11:00-12:00	72%	12:00-1:00	85%	1:00-2:00	90%		
repetición 1 (guanábana)	11:00-12:00	100g	23%	12:00-1:00	36%	1:00-2:00	58%	2:00-3:00	67%	3:00-4:00	71%		
repetición 2 (guanábana)	10:00-11:00	133g	31%	11:00-12:00	42%	12:00-1:00	52%	1:00-2:00	67%	2:00-3:00	84%	3:00-4:00	87%
repetición 3 (guanábana)	10:00-11:00	142g	38%	11:00-12:00	66%	12:00-1:00	68%	1:00-2:00	72%	2:00-3:00	81%	3:00-4:00	90%
repetición 1 (zapote)	9:00-10:00	260g	32%	10:00-11:00	57%	11:00-12:00	72%	12:00-1:00	87%				
repetición 2 (zapote)	10:00-11:00	338g	34%	11:00-12:00	51%	12:00-1:00	71%	1:00-2:00	90%				



Características:
 Polvo de plátano:
 Color: café claro
 Olor: Característico del plátano
 Sabor: Conservó el sabor del plátano
 Textura: polvo grueso



Características:
 Polvo de guanábana:
 Color: café claro
 Olor: ligero a guanábana.
 Sabor: perdió mucho sabor
 Textura: polvo suave



Características:
 Polvo del zapote mamey:
 Color: rojizo oscuro
 Olor: ligeramente al zapote mamey
 Sabor: ligeramente al zapote mamey
 Textura: polvo muy seco.

Figura 1. Caracterización de los polvos



Figura 2. Curva de secado del zapote

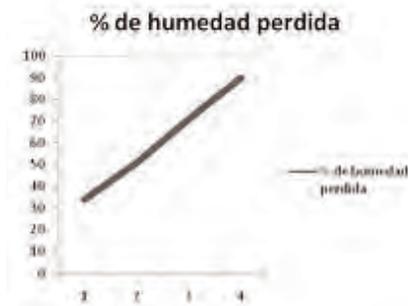


Figura 3. Curva de secado de plátano.



Figura 4. Curva de secado de la guanábana.

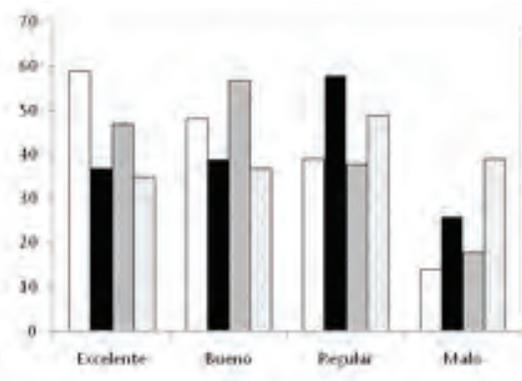


Figura 5. Resultado de la encuesta al 50% de polvo y 50% de ingredientes.

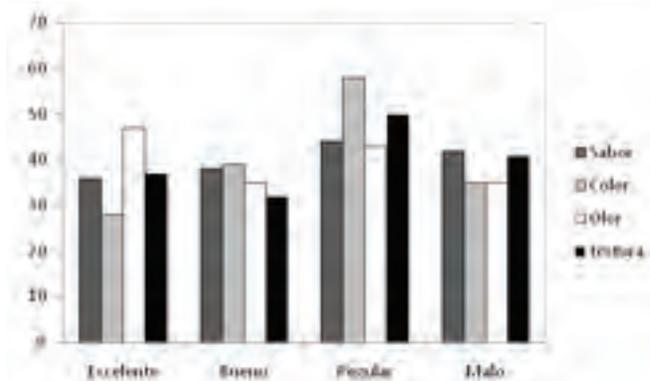


Figura 6. Resultado de la encuesta al 25% de polvo y 75% de ingredientes.

CONCLUSIÓN

El presente estudio aporta datos importantes en la industrialización de frutas de la región con aplicación en la panificación, ya que los polvos obtenidos dan un sabor y aroma a los panes de la localidad. Por otra parte, los análisis sensoriales indican que son totalmente aceptables los polvos obtenidos en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1985. Producción de Plátanos (Musa AAB, ABB). Turrialba, CR. 72 pp.

Caetano, G., Casanueva, H., Chaves, P., Sabogal, C., De Jong, W., Pokorny, B., . laastd. (2007). América Latina. Desafíos de su inserción internacional. Reunión Internacional de FORAGRO-Agricultura y Desarrollo Tecnológico: hacia la Integración de las Américas. Brasilia. 23-26 abril 2002.

Jaya, S., y Das, H. (2003). A vacuum drying model for mango pulp. *Drying technology*, 21(7), 1215-1234.

CENTA. 2002. Guía Técnica del Cultivo de Plátano. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. La Libertad (El Salvador).

Extracción Sólido-Líquido De Aceite De Semilla De Cholupa (*Passiflora Maliformis L.*) y Optimización Mediante Superficie Respuesta.

Cholupa (Passiflora maliformis L.) Seed Oil Solid-Liquid Extraction, and Response Surface Optimization.

Jose Libardo Tapiero Cuellar¹, Mike Douglas Sánchez Orozco, Luis Gerardo Orjuela Triviño²

¹ Grupo de Investigaciones en Ciencias & Tecnologías Agroindustriales GICTA.

² Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Agropecuario de Buga.

² Universidad del Tolima jtapiero@sena.edu.co msanchezo@sena.edu.co lgorjuela@ut.edu.co

Resumen: La Metodología de superficie de respuesta (RSM) se aplicó para optimizar los parámetros de extracción soxhlet con *n*-hexano de aceite de semilla de cholupa (*Passiflora maliformis L.*). Los factores fueron tiempo de extracción (0,5, 1,25 y 3h) y tamaño de partícula (700, 800 y 900 μ m), la variable respuesta fue el rendimiento del aceite (%). Los resultados demostraron que el ajuste del modelo fue significativo al igual que los efectos cuadráticos de los factores. Los parámetros óptimos del rango experimental fueron tiempo de extracción (1,24h) y tamaño de partícula (750 μ m). Bajo estas condiciones, el porcentaje de extracción fue de 22,18% y sus propiedades fisicoquímicas son admisibles para ser caracterizado como aceite comestible. El contenido de ácidos grasos insaturados fue del 85,76%, entre los que predominan el ácido graso esencial linoleico con un 69,48% conocido como omega 6, ácido oleico con 15,21% y α -linolénico con 0,18%.

Palabras claves: Extracción soxhlet, aceite de semilla de cholupa, ácidos grasos insaturados.

Abstract: The response surface methodology (RSM) was applied to optimize Soxhlet *n*-hexane extraction parameters of cholupa

(*maliformis Passiflora L.*) seed oil. The factors were extraction time (0.5, 1.25 and 3 h) and particle size (700, 800 and 900 μ m), the response variable was oil yield (%). The results showed that the model was significant adjustment as quadratic effects of the factors. The optimal parameters of experimental range were extraction time (1.24h) and particle size of 750 μ m. Under these conditions, the oil yield was 22.18% and their physical and chemical properties are allowable to be characterized as edible oil. The unsaturated fatty acids content were 85.76%, predominantly essential fatty acid linoleic with a 69.48% known as omega 6, oleic acid with 15.21% and α -linolenic acid with 0.18%.

Key words: Soxhlet extraction, cholupa seed oil, unsaturated fatty acid.

INTRODUCCIÓN

La cholupa (*Passiflora maliformis L.*) del genero *passiflora* es una enredadera leñosa trepadora y perenne del trópico andino, conocida como granadilla de piedra, cultivada en climas templados de 20-25°C y altitud de 400-1200 m.s.n.m. El fruto tiene denominación de origen en el departamento

del Huila. La comercialización se realiza en fresco y en otros casos como pulpa o néctar. La fruta y sus especies comunes contienen del 5-12% (w/w) de semilla (Ferrari, *et al.*, 2011) que son eliminadas y consideradas como un subproducto sin ningún valor comercial. La caracterización de esta materia prima presenta un contenido de aceite del 28,3% Carvajal, *et al.* (2011) y del 20 al 30% para otras especies. El aceite posee alto contenido de ácidos grasos insaturados que oscilan entre 75-85%, predominando el ácido linoleico conocido como omega-6 (65-75%) (Jiménez *et al.*, 2011). Este trabajo permitió optimizar el proceso de extracción sólido-líquido de aceite de semilla de cholupa empleando la metodología superficie de respuesta (RSM), mejorando las condiciones de proceso y extracción del perfil lipídico del aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima: Se utilizó cholupa adquirida en la central de abastos del sur S.A (SURABASTOS) de la ciudad de Neiva, con un grado de madurez comercial de 5 de acuerdo a la tabla de color. Sometidos a operaciones de limpieza, clasificación, descascarado y despulpado, para así obtener su semilla, el tratamiento térmico de secado fue entre $45-47 \pm 5^\circ\text{C}$, durante 48 horas. Se obtuvieron tres tamaños de partículas para las semillas trituradas en un molino de martillo. Está se almaceno a 0°C durante 24 horas antes de la extracción.

Extracción de aceite: La extracción se realizó con n-Hexano 96% por inmersión en un extractor Soxhlet marca Büchi B-811 durante (0,5 – 1,25 y 2,0) horas (h) y tamaños de partículas (TP) de (700-800 y 900) μm . El solvente se recuperó, y la muestra se mantuvo en secado durante 0,5h a 69°C para eliminar el residuo de solvente (Zahedi, y Azarpour, 2011). Está se almacenó a -15°C para evitar la degradación por temperatura y radiación solar.

Diseño de Experimento: Se aplicó la metodología RSM mediante un arreglo factorial 2^2 , se investigó los efectos cuadráticos con un diseño central compuesto (DCC) con puntos axiales en las caras ($\alpha=1$). Los factores evaluados fueron: tiempo de extracción (tE) en horas (h) y TP en (μm), la variable de respuesta fue rendimiento de aceite de cholupa (% w/w). Para el análisis estadístico se usó el software Minitab® mediante un análisis de varianza (ANOVA).

Perfil lipídico: se efectuó usando metilésteres según A.O.C.S. Ce 1c - 89. Los ácidos grasos se determinaron mediante GC/FID. Se inyectaron 24 muestras de referencia de $1 \mu\text{L}$ (10 ésteres de ácidos grasos saturados y 14 ésteres metílicos de ácidos grasos insaturados). La caracterización fisicoquímica

fue realizada en términos de densidad relativa, índice de acidez, índice de peróxido e índice de yodo utilizando los métodos armonizados de la AOCSC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficacia del método depende en gran medida de la obtención de porcentaje de aceite. Los valores medios para tE estuvieron entre 1,25 y 2 h de proceso, TP de 700-900 μm y el mayor rendimiento se dio en la corrida 11 (1,25h y 800 μm) con un valor promedio de 22,46 % de extracción. El efecto lineal del TP (B^b) y el cuadrático de los dos factores (BB) son significativos con un p-Valor de (0,001 – 0,000) respectivamente. El análisis de varianza demuestra que el modelo de regresión completo tiene un alto nivel de significancia estadística con $P < 0,05$, valores de $R^2 = 0,9502$; $R^2_{aj} = 0,9146$ y bondad de ajuste ($P > 0,05$), indicando que el ajuste es adecuado para los datos experimentales al diseño empleado. El análisis canónico permitió estimar la forma global de la respuesta y predecir las curvas de superficie y el punto estacionario.

El efecto de los factores se ven en la Figura (1A) donde la extracción en términos de rendimiento y tiempo tuvieron un

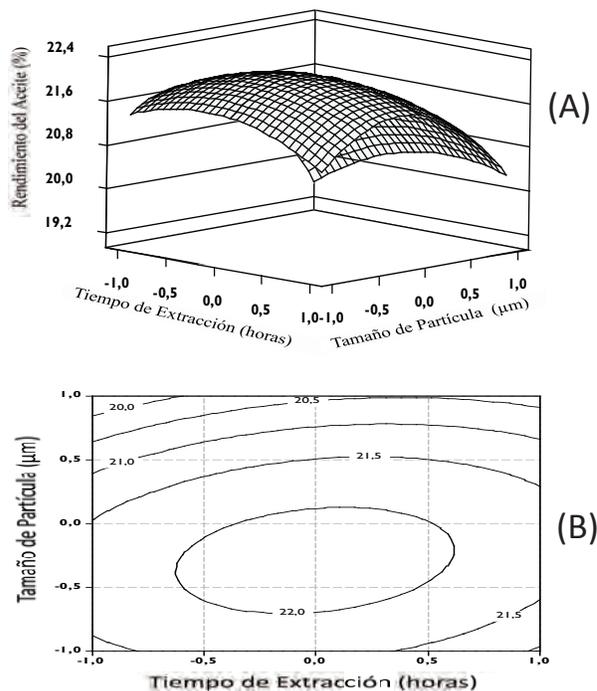


Figura 1. (A) Variable respuesta para el efecto del tiempo de extracción y tamaño de partícula en el rendimiento del aceite de cholupa. (B). Gráficos de contorno para el efecto de la extracción de tiempo y tamaño de las partículas en el rendimiento de aceite.

comportamiento cuadrático positivo para el aceite obtenido, llegando a un punto máximo, donde el aumento de este no genera cambios en la variable respuesta y por el contrario se inicia un cambio estacionario y decreciente. El tamaño de partícula fue el factor más significativo en la extracción, mostrando un efecto lineal y cuadrático altamente significativo con un aumento en el rendimiento al disminuir el tamaño de partícula. El gráfico de contorno (1B) muestra la optimización del proceso derivado de la caracterización de la superficie. Los puntos máximos de rendimiento con tiempo de extracción y tamaño de partícula fueron (-0,0101-0,2929), convertidas a variables reales en 1,24 h y TP de 750 μ m, con un rendimiento 22,18%, valores que se encuentran en el rango experimental y con viabilidad de operación agroindustrial.

El aceite obtenido fue líquido, de color amarillo naranja, con una acidez total de 1,5% de ácido oleico. Los valores para índice de peróxidos fue de 1,25 \pm 0,02 meq/kg e índice de yodo 138,2 \pm 0,2 meq/kg garantizando un producto apto para el consumo humano.

CONCLUSIÓN

La metodología utilizada para la optimización se ajustó al modelo de predicción de variable respuesta. Las condiciones óptimas fueron 1,24 h y 750 μ m, con un rendimiento del 22,18% de aceite. El tamaño de partícula tuvo efecto lineal y cuadrático significativo, donde su tE no tuvo mayor incidencia

en el porcentaje de extracción. Sus propiedades fisicoquímicas se muestran óptimas para un aceite apto para el consumo humano con un alto contenido de ácidos grasos insaturados (85,76 %), donde predomina el ácido linoleico y oleico (69,48 y 15,21) % respectivamente, haciéndolo atractivo como materia prima para industria de los aceites.

BIBLIOGRAFÍA

- Carvajal, L.M., S. Turbay, B. Rojano y L.M. Álvarez. 2011. Algunas especies de Passiflora y su capacidad antioxidante, Revista Cubana de Plantas Medicinales, 4(16): 354-363.
- Ferrari, R. A., F. Colussi e R.A. Ayub, 2011. Caracterização de Subprodutos da Industrialização do Maracujá-Aproveitamento das Sementes, Revista. Brasileira. Fruticola. 1(16): 101-102.
- Jiménez, A., C. Sierra, F. Rodríguez, L. González, F. Heredia and F. Osorio. 2011. Physicochemical characterization of gulupa (*Passiflora edulis Sims. foedulis*) fruit from Colombia during the ripening. Food Research International, 7(44): 1912-1918.
- Zahedi, G. and A. Azarpour, 2011 Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of Passiflora seed oil, J. of Supercritical Fluids. 1(58): 40-48.

Caracterización Física de Películas Comestibles de Quitosano y Aceites Esenciales de Cítricos

Physical Characterization of Edible Films of Chitosan and Citric Essential Oils

Rico Rodríguez, Fabián¹; Díaz-Moreno, Consuelo²

¹ Estudiante PhD Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E-mail: faricoro@unal.edu.co

² Profesor Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

Resumen. El quitosano es un polímero de origen animal con capacidad de formación de películas con la adición de sustancias plastificantes. los aceites esenciales son metabolitos secundarios de origen vegetal que poseen actividad antimicrobiana contra un amplio rango de microorganismos patógenos y alterantes de alimentos. se evaluaron las características físicas de películas comestibles de quitosano y aceites esenciales en diferentes concentraciones. se encontraron diferencias ($p < 0,05$) para contenido final de humedad, espesor y permeabilidad.

Palabras clave: Quitosano, película comestible, aceite esencial, permeabilidad.

Abstract. Chitosan is a polymer from natural sources with film forming capacity when added plasticizer substances. Essential oils are secondary metabolites from plants with antimicrobial activity against a wide range of pathogen and spoilage microorganisms. Physical characteristics of chitosan and essential oil films were evaluated at different concentrations. Differences ($p < 0.05$) were found for final moisture content, thickness and permeability.

Key words: Chitosan; edible film, essential oil, permeability

INTRODUCCIÓN

Una película comestible es un material de envoltura muy delgado que se puede ingerir. Dentro de los biopolímeros utilizados se encuentra el quitosano (CH), polímero de origen animal de estructura similar a la celulosa que además posee actividad antimicrobiana comprobada (Dutta *et al.*, 2009); además actúa como vehículo de sustancias como vitaminas, aceites esenciales (AES), entre otros (Vargas *et al.*, 2009). Los AES, compuestos aromáticos naturales presentes en plantas que actúan como agentes para el control del crecimiento de microorganismos en industrias como la farmacéutica y la de alimentos (Bajpai *et al.*, 2011). Se evaluó el contenido de humedad, espesor y permeabilidad de películas de quitosano y aceites esenciales de limón y naranja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de película. Las soluciones de CH (Kittoflo®) y AES (Aromasynt SAS) se prepararon según procedimiento reportado por Sánchez-González (2011). Se disolvió CH (1 y 2% m/v) en ácido láctico al 1% v/v y adicionó glicerol y Tween80® (1%v/v (1:1)). Se emulsificaron los AES de limón o naranja en concentraciones 0,5; 1,0 y 1,5 %v/v y se ajustó a pH de 3,5. Se sirvieron 12 ml para los tratamientos con CH al 2% y 24 mL para los tratamientos con CH al 1% en cajas de petri plásticas de 90 mm de diámetro y se secaron a 40°C.

Contenido de humedad y espesor. Se evaluó el contenido de humedad por gravimetría según método 935.29 (AOAC, 2002), calculando la pérdida de peso de las soluciones después del secado. El espesor fue medido con un micrómetro análogo marca MITUTOYO® con sensibilidad de 0,01 mm.

Permeabilidad al vapor de agua. Para la determinación de la permeabilidad al vapor de agua, se utilizó el método basado en la ASTM E96-92 (Carneiro-da-Cunha *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad y espesor de las películas. Las películas con 2% (Tabla 1) de CH presentaron un porcentaje de humedad más alto ($p > 0,05$) con respecto al peso inicial que las películas de CH al 1%. Esto debido a la mayor concentración de sólidos totales de la solución inicial. Por otro lado, al evaluar el efecto de los AES de limón y naranja, no se encontraron diferencias ($p > 0,05$) entre ellos. Los AES no tienen ningún efecto sobre los contenidos finales de humedad para los tratamientos, indicando que la concentración de aceites esenciales no tiene relación con la pérdida de peso de las películas.

Los espesores de las películas se encuentran dentro de los rangos reportados por Abugoch, *et al.*, (2011) (entre 0,054 mm y 0,142 mm); sin embargo, Miranda *et al.*, (2004) obtuvieron espesores. Los resultados indican que a mayor concentración

Tabla 2 Permeabilidad al vapor de agua ($\text{g mm h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$) de las películas de quitosano y aceites esenciales

Aceites Esenciales	QUITOSANO		
	1%	2%	
CONTROL	0%	4,759 ± 0,138 ^a	2,004 ± 0,842 ^b
	0,5%	4,105 ± 0,966 ^a	0,928 ± 0,045 ^b
LIMÓN	1%	6,359 ± 0,170 ^a	1,999 ± 0,112 ^b
	1,5%	4,842 ± 0,214 ^a	2,790 ± 0,156 ^b
	0,5%	7,595 ± 0,222 ^a	1,201 ± 0,073 ^b
NARANJA	1%	6,950 ± 0,272 ^a	2,114 ± 0,089 ^b
	1,5%	4,597 ± 0,126 ^a	2,026 ± 0,076 ^b

* Letras diferentes corresponden a diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tabla 1 Contenido final de humedad (%) y espesor (mm) de las películas de Quitosano y Aceites esenciales.

Aceites Esenciales		Humedad		Espesor	
		CH 1%	CH 2%	CH 1%	CH 2%
CONTROL	0%	3,54 ± 0,295 ^a	4,53 ± 0,026 ^b	0,116 ± 0,0057 ^a	0,083 ± 0,0095 ^b
	0,5%	3,30 ± 0,004 ^a	4,50 ± 0,039 ^b	0,143 ± 0,0095 ^a	0,072 ± 0,028 ^b
LIMÓN	1%	3,27 ± 0,054 ^a	4,59 ± 0,127 ^b	0,126 ± 0,0058 ^a	0,06 ± 0,0081 ^b
	1,5%	3,28 ± 0,036 ^a	4,57 ± 0,238 ^b	0,076 ± 0,0058 ^a	0,06 ± 0,02 ^b
NARANJA	0%	3,54 ± 0,295 ^a	4,53 ± 0,026 ^b	0,116 ± 0,0057 ^a	0,083 ± 0,0095 ^b
	0,50%	3,26 ± 0,009 ^a	4,42 ± 0,486 ^b	0,115 ± 0,01 ^a	0,058 ± 0,0096 ^b
	1,0%	3,25 ± 0,216 ^a	4,69 ± 0,269 ^b	0,086 ± 0,0058 ^a	0,085 ± 0,0129 ^b
	1,5%	3,29 ± 0,006 ^a	4,50 ± 0,654 ^b	0,123 ± 0,0075 ^a	0,09 ± 0,0316 ^b

* Letras diferentes corresponden a diferencias significativas entre tratamientos.

de CH en las películas, menor será el espesor de las mismas para el rango de concentración evaluado. El tipo de AES empleado no afecta el espesor de las películas para ninguno de los tratamientos.

Permeabilidad al vapor de agua. Se encontraron valores más bajos de permeabilidad ($p < 0,05$) para la concentración de CH al 2% (Tabla 2), indicando que a mayor concentración de CH existe una menor permeabilidad de vapor de agua. Los valores de permeabilidad al vapor de agua no muestran una relación con el tipo de AES o su concentración en la película.

CONCLUSIÓN

El uso de AES de limón y naranja en concentraciones entre 0,5; 1,0 y 1,5% en películas comestibles de CH no afectan las propiedades fisicoquímicas de las películas de CH. Propiedades como la permeabilidad, la humedad final y el espesor de las películas se ven afectados por la concentración de CH presente en la mezcla.

BIBLIOGRAFÍA

Abugoch, L.E., C. Tapia, M.C. Villamán, M. Yazdani-Pedram and M. Díaz-Dosque. 2011. Characterization of quinoa protein-chitosan blend edible films. *Food Hydrocolloids*. 25(5): 879-886.

AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. In A. INTERNATIONAL. (17th ed.).

Bajpai, V.K., K-H. Baek, S.C. Kang. 2011. Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. *Food Research International*. 45(2): 722-734.

Carneiro-da-Cunha, M.G., M.A. Cerqueira, B.W.S. Souza, M.P. Souza, J.A. Teixeira, and A.A Vicente. 2009. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*, 95(3): 379-385.

Dutta, P.K., S. Tripathi, G.K. Mehrotra, and J. Dutta. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4): 1173-1182.

Miranda, S., O. Garnica, V. Lara-Sagahon and G. Cárdenas. 2004. Water vapor permeability and mechanical properties of chitosan composite films. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 49(2): 173-178.

Sánchez-González, L., M. Cháfer, C. González-Martínez, A. Chiralt, and S. Desobry. (2011). Study of the release of limonene present in chitosan films enriched with bergamot oil in food simulants. *Journal of Food Engineering*. 105(1): 138- 143.

Vargas, M., A. Chiralt, A. Albors and C. González-Martínez. 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2): 263-271.

Propiedades Mecánicas y de Barrera de Películas de Almidón De Plátano Guayabo, *Musa paradisiaca* L.

*Mechanical and Barrier Properties of Guayabo Plantain *Musa paradisiaca* L. Starch Films*

Omar García¹, Magda Pinzón²

¹ Joven Investigador Colciencias, Universidad del Quindío. E-mail: orgarciaa@uqvirtual.edu.co

² Líder Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología de Alimentos (CYTA), Universidad del Quindío. Calle 12 N Carrera 15. Armenia, Quindío (Colombia)

E-mail: mipinzon@uniquindio.edu.co.

Resumen. Se prepararon películas a base de almidón de plátano Guayabo, *Musa paradisiaca* L., utilizando suspensiones de almidón (3% y 4% p/p), con glicerol y quitosano en concentraciones de 0,5%, 1,0% y 1,5% de cada uno. Se evaluaron las propiedades mecánicas y de barrera de las películas obtenidas. El glicerol produjo un aumento en la permeabilidad al vapor de agua y en la elongación de las películas que fue compensado por el quitosano. La tensión hasta ruptura disminuyó al incrementar la concentración

de glicerol, aunque la presencia del quitosano mejoró esta propiedad. Según los resultados de este estudio, se seleccionó la formulación más apropiada para ser utilizada como recubrimiento de alimentos o material de empaque.

Palabras clave: Almidón, Glicerol, Quitosano, Permeabilidad al Vapor de Agua, Esfuerzo de Tensión, Elongación.

Abstract. Guayabo Plantain (*Musa paradisiaca* L.) starch-based films were prepared, using starch suspensions (3% and

4% w/w), with glycerol and chitosan at concentrations of 0,5%, 1,0%, 1,5% of each one. Mechanical properties and barrier properties of the obtained films were evaluated. Glycerol produced an increase on films Water Vapor Permeability and deformation which was compensated with chitosan. Tensile at break decreased with increasing concentration of glycerol, although the presence of chitosan improved this property. Based on results of this study, the most suitable formulation was selected to use as a food coating or packaging material.

Key words: Starch, Glycerol, Chitosan, Water Vapor Permeability, Tensile Strength, Elongation.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones para desarrollar nuevos envases van encaminadas a suplir las necesidades de los consumidores y de la industria; de ahí el interés por las películas biodegradables de almidón, que buscan sustituir los plásticos convencionales como el polietileno y prolongar el tiempo de conservación de un alimento. El plátano, especialmente en estado inmaduro, contiene grandes cantidades de almidón, entre 70–80% b.s. (Mazzeo *et al.*, 2008); la variedad Guayabo, *Musa paradisiaca* L., posee un alto contenido de carbohidratos. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar películas biodegradables de almidón plátano Guayabo, y analizar sus propiedades mecánicas y de barrera para establecer la formulación más óptima para su aplicación como material de empaque o recubrimiento de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas. El almidón de plátano Guayabo fue obtenido empleando el método de Cabrera *et al.*, (2007). El glicerol, Grado Alimenticio, fue obtenido en el mercado local. El quitosano, fue grado reactivo alimentario RA, con un Grado de Desacetilación de 87.16%.

Elaboración de películas. Dispersiones de almidón (3 y 4% p/p) y glicerol (0,5%, 1% y 1,5% p/p) se calentaron hasta 85 °C por 30 min, con agitación constante. Para los sistemas con quitosano, una vez gelatinizado el sistema almidón–glicerol, se adicionó la solución de quitosano (0,5%, 1% y 1,5% en ácido cítrico 1,5% p/v) en una relación 1,5:1,0. La mezcla homogénea se dispersó en cajas de petri, en volúmenes de 20 mL. Las soluciones se secaron a 35 ± 2 °C durante 15–17 horas.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA) y propiedades mecánicas. La PVA fue determinada siguiendo la norma ASTM E96–05, con modificaciones para películas hidrofílicas (Gennadios *et al.*, 1994). El Esfuerzo de Tensión (ET) y la elongación (% E) de

las películas se midieron siguiendo el método ASTM D882–09.

Diseño Experimental y análisis estadístico. El diseño experimental consistió en un arreglo factorial $2 \times 3 \times 4$ completamente aleatorizado, de efectos fijos y equilibrados. Se realizó un ANOVA multifactorial para evaluar el efecto de los factores [almidón], [glicerol] y [quitosano] sobre las propiedades de las películas (PVA, ET y %E), y un test de rangos múltiples empleando el método de Fisher (LSD), con un nivel de significación $\alpha=0,05$ para establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos. De esta manera, se seleccionó la formulación más óptima para su posible uso como material de empaque.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 ilustra la PVA y las propiedades mecánicas (ET y %E) de las películas elaboradas. Los factores [almidón] y [quitosano] afectaron significativamente ($p < 0,05$) la PVA, disminuyéndola al aumentar la concentración de estos. El carácter hidrofóbico del quitosano disminuye la PVA ya que hay fuertes interacciones tipo enlace de hidrógeno entre los grupos NH_2^+ del quitosano y los grupos OH^- del sistema almidón–glicerol, reduciendo la disponibilidad de grupos hidrofílicos libres. Por otra parte, el factor [glicerol] también produjo un efecto significativo en la PVA, aumentándola con el incremento de la concentración; dada la gran cantidad de grupos OH^- libres reduciéndose las fuerzas cohesivas e incrementándose el volumen libre y los movimientos de las cadenas, y las moléculas de agua se difunden más fácilmente (Sothornvit y Krochta, 2005).

Por otra parte, las películas con 4% p/p de almidón presentaron valores más altos ($p < 0,05$) de ET y más bajos de %E, pues se producen películas con estructura más rígida, quebradiza y menos extensible. El glicerol contrarrestó este efecto, ya que redujo ostensiblemente el ET y aumentó el %E, por reducción de las fuerzas intermoleculares e incremento de la movilidad de las cadenas poliméricas, dando lugar a un material más extensible. Un efecto análogo se encontró con el quitosano, lo que puede atribuirse a una alta formación de enlaces de hidrógeno intermolecular entre los grupos NH_3^+ y OH^- (Bourtoon y Chinnan, 2008).

CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos, se determinó que la formulación de película más óptima para su posible aplicación como recubrimiento de alimentos fue: 4% p/p almidón + 1,5% p/p glicerol + 1% p/v quitosano, pues presentó una PVA moderadamente baja (1,451 ng/m·s·Pa) por lo que puede

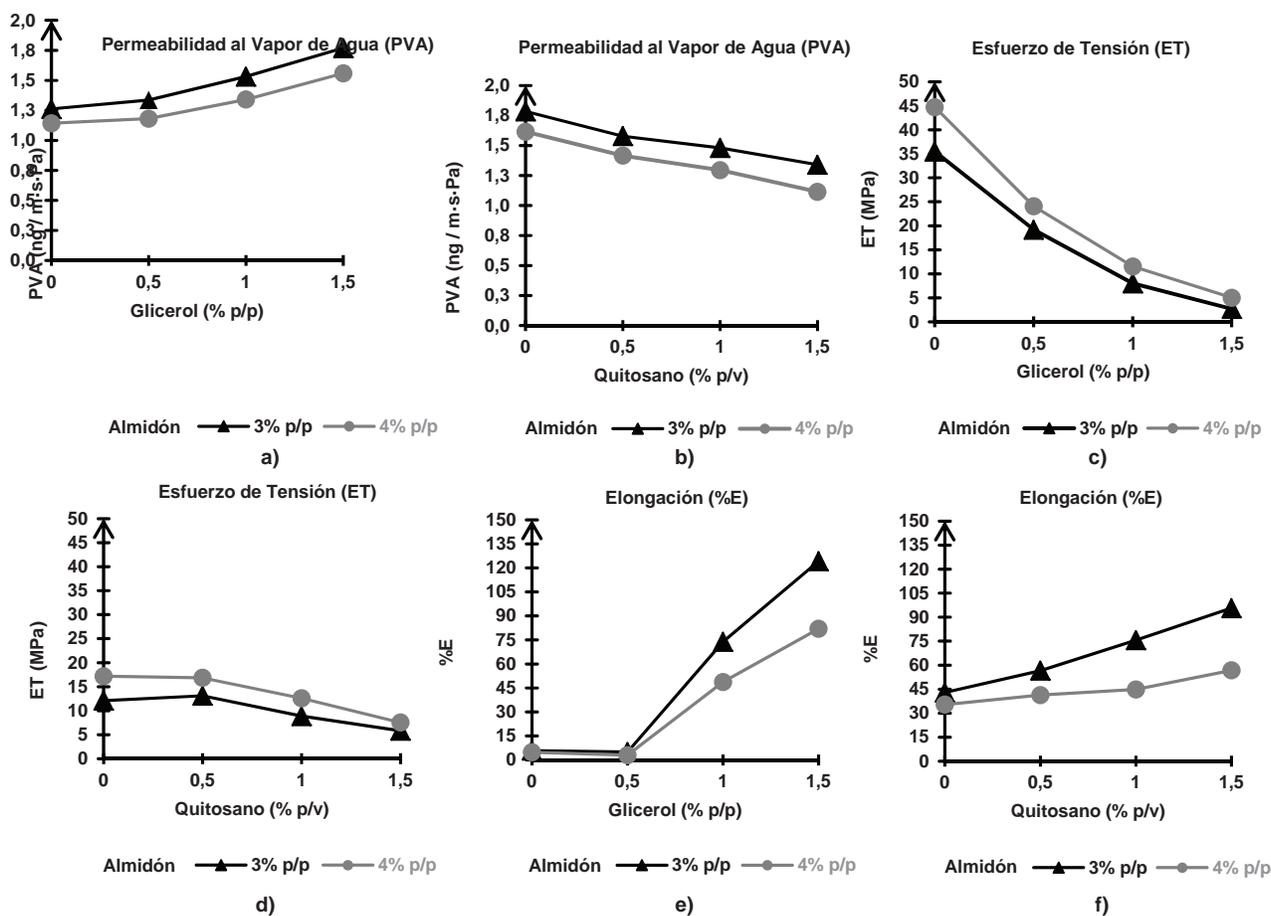


Figura 1. PVA y propiedades mecánicas de las películas de almidón (3% y 4% p/p) con variación de la concentración de a), c) y e) glicerol y b), d) y f) quitosano, respectivamente.

ser una buena barrera para la migración de humedad desde el alimento, controlando la exudación del mismo y prolongando así su tiempo de vida útil. También se evidenció una buena respuesta mecánica a la tracción, dado que presentó un ET de 4,89 MPa y un %E de 78,04%, lo que da cuenta de una buena flexibilidad y resistencia a la ruptura, siendo una película manejable y que puede adaptarse fácilmente a cualquier deformación que pueda presentar el producto recubierto.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing and Materials. 2009. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM D882–09.
- American Society for Testing and Materials. 2005. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. ASTM E96–05.
- Bourtoon, T. and M. Chinnan. 2008. Preparation and properties of rice starch–chitosan blend biodegradable film. *Food Science and Technology*. 41(9): 1633–1641.
- Cabrera, M. *et al.*, 2007. Extracción y Caracterización Química de Almidón de Plátano y Banano de las Variedades FHIA–01, 20, 21 y 23. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencias Agroindustriales, Universidad de Guanajuato. p 307–314.
- Gennadios, A., C.L. Weller, C.H. Gooding. 1994. Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of Food Engineering*. 21(4):395–409.
- Mazzeo, M., Alzate, A. y Marín, M. (2008). Obtención de almidón a partir de residuos postcosecha de plátano Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds). *Vector*. 3:57–69.
- Sothornvit, R. and J. Krochta. 2005. Plasticizers in edible films and coatings. En: *Innovations in Food Packagings*. Han, J. H. (ed). Amsterdam, Netherlands, Elsevier.

Efecto de la Temperatura de Almacenamiento sobre la Calidad de Lulo (*Solanumquitoense* x *Solanumhirtu*)

Effect of Storage Temperature on Quality of Lulo Fruit (*Solanumquitoense* x *Solanumhirtum*)

Andrea Nieto Veloza¹; Carlos Céspedes¹; Andrea Herrera²; Guillermo Palacios²

1 Ingeniera Química, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, canietov@unal.edu.co y cacespedesz@unal.edu.co

2 Estudiante de Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, avherrerac@unal.edu.co y guapalaciosco@unal.edu.co

Resumen. El lulo es una fruta tropical considerada con potencial en el mercado nacional e internacional gracias a sus múltiples usos como materia prima en la agroindustria. Las considerables pérdidas asociadas a factores pos-cosecha han generado la necesidad de encontrar alternativas que permitan favorecer su conservación. Este trabajo tiene por objeto establecer el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica del lulo. Se seleccionaron 48 frutos, bajo parámetros específicos de calidad, de lulo variedad “La Selva” (*Solanumquitoense* x *Solanumhirtum*), que fueron sometidos a limpieza, encerado y almacenamiento a 4°C y 9°C durante 8 días, a lo largo de los cuales se analizaron las propiedades de color, firmeza, pH, acidez y sólidos solubles. Los resultados fueron sometidos a un Análisis de Varianza para establecer la existencia de diferencias significativas en cada una de las propiedades según la temperatura de almacenamiento para un mismo día de medición. Se encontró que la firmeza fue la única propiedad que mostró un comportamiento diferenciable respecto a la temperatura de almacenamiento, tendiendo a disminuir a 9°C y a aumentar a 4°C.

Palabras clave: Fruta, pos-cosecha, estado de maduración, vida útil.

Abstract. Lulo is a tropical fruit which is considered as potential in the national and international market due to its many uses as a raw material in agroindustrial processing. Significant losses of this fruit, associated with postharvest factors, have created the need to find alternatives to improve its conservation. This work aims to establish the effect of storage temperature on the physicochemical quality of lulo. 48 samples of variety “La Selva” (*Solanumquitoense* x *Solanumhirtum*) were selected and cleaned, waxed and stored at 4 °C and 9 °C for 8 days. Physical-chemical properties such as color, firmness, pH, acidity and soluble solids were performed. The results were subjected to an analysis of variance in order to establish the possible existence of significant differences in each

property regarding storage temperature for the same measurement day. It was found that firmness was the only property showing a differentiable behavior regarding storage temperature, tending to decrease when 9°C is employed and to increase at 4°C.

Key words: Fruit, postharvest, ripeness, lifespan.

INTRODUCCIÓN

El lulo es una fruta tropical y exótica originaria de zonas frías interandinas de Suramérica (Chaparro *et al.*, NR); es una baya globosa de 4 a 8 cm de diámetro y entre 80 y 100 gramos de peso (Gobernación del Huila, 2006). Desde hace varios años éste es un producto considerado dentro del conjunto de frutales andinos con potencial (Medina *et al.*, 2009); considerada una fruta con posibilidades en el mercado nacional e internacional gracias a sus múltiples usos como materia prima en la agroindustria (Chaparro *et al.*, NR). De acuerdo con la literatura, factores asociados a la manipulación, almacenamiento, transporte, empaque, entre otros, hacen que las pérdidas poscosecha que se generan alcancen un promedio del 30% (Chaparro *et al.*, NR). Algunos autores sugieren la necesidad de encontrar alternativas específicamente de almacenamiento a fin de favorecer la conservación del producto, sugiriendo el uso de ventilación controlada para mantener las bajas temperaturas en la bodega (Gobernación del Huila, 2006). Es bien sabido que condiciones de temperatura inferiores a la ambiente desaceleran la senescencia de los frutos; sin embargo, una temperatura inadecuada puede ser causantes de la aparición de daños por frío y de generar efectos indeseados en la calidad del mismo, aspecto que puede ser determinado a partir de parámetros fisicoquímicos como el color, la firmeza, el pH, la acidez y el contenido de sólidos solubles. Este trabajo tiene por objeto establecer el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica del lulo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 48 frutos de lulo variedad "La Selva" (*Solanumquitoense* x *Solanumhirtum*) proveniente de una central de acopio colombiana, bajo los siguientes parámetros: diámetro 50 ± 5 mm, madurez fisiológica (niveles de color 2 y 3 según la NTC 5093 [5]) y ausencia de signos de deterioro. Los frutos seleccionados fueron sometidos a limpieza remoción de tricomas y encerado superficial por el método de espuma. La mitad de las muestras fueron almacenadas a 4°C y la otra mitad a 9°C, durante 8 días, humedad relativa de 55% en cuarto frío Friotérmica (Dual, Colombia). Los análisis fisicoquímicos se realizaron según las siguientes metodologías: color, empleando un colorímetro triestímulo CR-410 (Konica Minolta Inc, Japón) en el espacio de color L, a* y b*; firmeza, con un penetrómetro de aguja Wagner (Estados Unidos), pH mediante potenciómetro Orion (Thermo Scientific Inc, Estados Unidos); acidez (AOAC 942.15, 2005) y sólidos solubles (AOAC 932.12, 2005), seleccionando al azar 3 frutos de cada temperatura de almacenamiento y llevando a cabo los análisis

por triplicado. Se empleó un Análisis de Varianza – ANOVA con un nivel de confianza del 95%, seguido por una Prueba de Tukey para establecer la existencia de diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas respecto a la temperatura de almacenamiento para un mismo día de medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra las coordenadas de color para cada día de medición según la temperatura. Como se puede apreciar, estadísticamente sólo se presentan diferencias significativas para el 5 día de medición en la luminosidad, siendo mayor a la temperatura de 9°C, lo cual puede deberse a que a esta temperatura se presenta con mayor rapidez la predominancia de las coloraciones naranja y amarilla, que se caracterizan por su mayor reflejo de la luz. En cuanto a las coordenadas rectangulares a* y b* se observa que en general no se presentan diferencias significativas asociadas a la temperatura de almacenamiento durante el período de observación, exceptuando el primer día en el cual las muestras almacenadas

Tabla 1. Color de los frutos para cada día de medición y temperatura de almacenamiento

Temperatura	Día 1	Día 5	Día 7	Día 8
4°C	L: $93,66 \pm 8,83$ a	L: $87,09 \pm 12,44$ a	L: $62,76 \pm 6,50$ a	L: $61,89 \pm 6,98$ a
	a*: $-9,84 \pm 8,50$ a	a*: $-16,74 \pm 10,85$ a	a*: $10,29 \pm 12,59$ a	a*: $3,83 \pm 14,57$ a
	b*: $11,53 \pm 20,82$ a	b*: $13,44 \pm 35,93$ a	b*: $63,70 \pm 11,23$ a	b*: $58,68 \pm 12,25$ a
9°C	L: $94,78 \pm 8,78$ a	L: $93,60 \pm 8,28$ b	L: $63,80 \pm 4,79$ a	L: $61,59 \pm 6,08$ a
	a*: $0,46 \pm 9,17$ b	a*: $-13,21 \pm 10,21$ a	a*: $7,31 \pm 12,13$ a	a*: $6,95 \pm 12,44$ a
	b*: $-2,19 \pm 15,16$ a	b*: $3,22 \pm 15,89$ a	b*: $62,38 \pm 8,90$ a	b*: $58,31 \pm 1022$ a

Letras diferentes en la misma columna, para una misma coordenada, representan diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de los frutos

Día	Temperatura	Firmeza (Lbf)	Sólidos Solubles (°Brix)	pH	Acidez (mg AC/g)
1	4°C	$9,17 \pm 0,7$ a	$8,62 \pm 0,59$ a	$2,82 \pm 0,07$ a	$36,2 \pm 0,8$ a
	9°C	$8,55 \pm 1,0$ a	$8,57 \pm 0,90$ a	$2,81 \pm 0,04$ a	$36,6 \pm 1,2$ a
5	4°C	$3,92 \pm 2,2$ a	$8,43 \pm 0,13$ a	$2,67 \pm 0,06$ a	$36,0 \pm 0,7$ a
	9°C	$6,44 \pm 1,9$ b	$8,90 \pm 0,95$ a	$2,67 \pm 0,08$ a	$31,4 \pm 4,4$ a
7	4°C	$9,88 \pm 1,3$ a	$7,63 \pm 0,47$ a	$2,86 \pm 0,04$ a	$35,9 \pm 1,6$ a
	9°C	$1,97 \pm 0,5$ b	$8,66 \pm 0,30$ b	$2,86 \pm 0,04$ a	$33,2 \pm 1,4$ a
8	4°C	$10,63 \pm 0,6$ a	$8,12 \pm 0,87$ a	$2,82 \pm 0,02$ a	$34,2 \pm 2,0$ a
	9°C	$4,11 \pm 2,1$ b	$7,67 \pm 0,33$ a	$2,86 \pm 0,03$ a	$28,6 \pm 3,4$ b

AC: Ácido Cítrico. Para una misma propiedad y un mismo día, letras diferentes representan diferencias significativas ($p < 0,05$)

a 4°C tienen una mayor tendencia hacia las tonalidades verdes, aspecto que puede ser atribuido a la dispersión de la coloración de las muestras antes de iniciar el almacenamiento. Por otra parte fue posible apreciar, mediante simple inspección, la aparición de daños por frío expresados en manchas, hendiduras y coloración moteada, con mayor frecuencia y rapidez en los frutos almacenados a 4°C.

La tabla 2 muestra los parámetros fisicoquímicos para cada día de medición según la temperatura. Se observa que las propiedades de acidez, pH y el contenido de sólidos insolubles no presentan una tendencia que evidencie un efecto estadísticamente diferenciable de manera significativa asociado a la temperatura de almacenamiento. La firmeza en cambio, presenta un comportamiento diferenciado a partir del 5 día de medición, tendiendo a incrementarse con el tiempo a 4°C mientras que disminuye a 9°C, aspecto que puede deberse a que las bajas temperaturas reducen la degradación de los compuestos involucrados en dicha propiedad.

CONCLUSIÓN

La temperatura de almacenamiento no presenta efectos significativos sobre la coloración externa, el pH, la acidez y el contenido de sólidos totales de los frutos, siendo la firmeza la

única propiedad que muestra un comportamiento diferenciable, tendiendo a disminuir en el tiempo con el almacenamiento a 9°C y aumentar a 4°C. La mayor aparición de daños por frío a temperatura de refrigeración (4°C) la hace una condición poco favorable para el almacenamiento del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Association Official Analytical Chemists.
- Chaparro, A., J.M. Dueñas, C. Garzón, C. Gómez, J. Medina y A.Villarreal. Año: NR. Lulo, Perfil del Producto, Inteligencia de Mercados. En: <http://sisav.valledelcauca.gov.co>. consulta: octubre 2013
- Gobernación del Huila, Secretaría de Agricultura y Minería, 2006. Manual técnico del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) en el departamento del Huila.3. En: <http://www.huila.gov.co>. consulta: octubre 2013.
- ICONTEC, 2004. Norma Técnica Colombiana NTC 5093: Frutas Frescas. Lulo de Castilla. Especificaciones. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Medina, C., A. Lobo, B. Martínez. 2009. Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(2):167–179.

Secado Infrarrojo de Chañar. Algunos Aspectos del Proceso de Deshidratación

Chañar Infrared drying. Some Aspects of Dehydration Process

Pedro Cerezal Mezquita¹; Juan C. Letelier Carvajal²; Catherine A. Demetrio Vera³; Ana E. Tapia Olivares³

¹ Profesor Asociado. Universidad de Antofagasta; Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos; Campus Coloso; Avda. Universidad de Antofagasta 02800. Casilla 170; Antofagasta – Chile. <pedro.cerezal@uantof.cl.>

² Profesor Asistente. <juan.letelier@uantof.cl.>

³ Alumnas Tituladas. <cdemetriovera@gmail.com; ana.tapiaolivares1@gmail.com>

Resumen. El Chañar, *Geoffroea decorticans*, es un fruto de la familia de las leguminosas y es una de las especies más comunes que se localiza en las partes semiáridas de Sudamérica. El objetivo del presente trabajo consistió en el secado infrarrojo de la pulpa de chañar proveniente de la Macrozona Norte de Chile. Para la obtención de las curvas de secado se trabajó con temperaturas desde 60 a 90°C, empleando 3 modelos empíricos para el ajuste de las curvas de secado; Newton, Page y Logarítmico, obteniendo mejores resultados con el modelo Page desde 65 a 90°C. Para 60°C el

de mejor bondad de ajuste fue el Logarítmico ($R^2 = 0,9954$). Desde el punto de vista de operación de secado el mejor proceso se obtuvo a 70°C ($R^2 = 0,9991$).

Palabras claves: Fruta, *Geoffroea decorticans*, curvas de secado, modelos empíricos.

Abstract. Chañar, *Geoffroea decorticans*, is a legume family fruit and it is one of the most common species which is located in semi-arid parts of South America. The aim of this study consisted in assessing the infrared drying chañar pulp

from North macro zone of Chile. To obtain the drying curves, different temperatures from 60 to 90° C were employed. Three empirical models adjusting the drying curves were used; Newton, Page and Logarithmic, obtaining better results with the model Page from 65 to 90° C. For 60° C the highest setting was logarithmic ($R^2 = 0.9954$). From the viewpoint of drying operation the best process was obtained at 70 °C ($R^2 = 0.9991$).

Key words: Fruit, *Geoffroea decorticans*, drying curves, empirical models.

INTRODUCCIÓN

El Chañar: *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn) Burkart, es un arbusto de zonas áridas y semiáridas de Sudamérica, su fruto es dulce y comestible. En Chile se ubica en la Macrozona Norte. Con el fruto se elaboran preparaciones líquidas: “chicha”, “arropo” y “aloja” y semisólidas tipo jalea. Estos productos son ingeridos por los pueblos autóctonos de la zona aunque son también preferidos por las poblaciones del Suroeste de América del Sur (Ugarte, 2011). A pesar de ser un pilar en la nutrición de las localidades indígenas y de animales de pastoreo, existen pocos estudios relacionados con sus características físicas y químicas (Lamarque *et al.*, 2000) y no se informa de procesos de secado de la pulpa. La aplicación del secado infrarrojo en la industria alimentaria es un nuevo proceso para la elaboración de productos deshidratados de alta calidad a bajos precios (Krishnamurthy *et al.*, 2008). Cuando la radiación infrarroja se utiliza para calentar o secar, choca contra el material expuesto y lo penetra, convirtiéndose la energía en calor (Hebbar y Rostagi, 2001). Debido al calentamiento intenso, el gradiente de temperatura se reduce en corto período. El consumo de energía en este tipo de secado es menor. El presente trabajo va direccionado al empleo del secado infrarrojo para la deshidratación del chañar procedente de San Pedro de Atacama, Provincia El Loa, Región de Antofagasta - Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se utilizó un diseño de proceso de secado considerando temperaturas desde 60° a 90 °C, en intervalos de 5°C; es decir, 7 tratamientos, terminando cada experiencia cuando se obtuvo peso constante de la muestra. De cada tratamiento se efectuaron 3 repeticiones, con un peso inicial de la muestra de 5 g. Con los datos obtenidos se realizaron las curvas de secado y velocidad de secado. Las características del equipo de secado infrarrojo (A&D Company Ltd; ML-50, Japón) utilizado transmite radiación electromagnética en el intervalo medio a la onda corta de la radiación infrarroja

(longitudes de onda entre 2 y 3,5 μm). Las cinéticas de secado se construyeron al graficar la razón de humedad (X/X_0), en función del tiempo. Para el modelado matemático se utilizaron modelos de secado en capa delgada: Newton, [$RX = \exp(-kt)$]; Page, [$RX = \exp(-kt^n)$] y logarítmico [$RX = a \exp(-kt) + c$] (Doymaz, 2005). El ajuste del mejor modelo que describe la curva de secado en capa delgada, se realizó empleando el programa Statgraphics Centurion (v.15). El coeficiente de determinación (R^2) fue el primer criterio para la selección del modelo, siendo los otros parámetros estadísticos, el estadístico Chi-cuadrado reducido (χ^2), la suma de errores cuadráticos (SSE) y el error de la raíz del cuadrado medio (RMSE). Los valores más cercanos a 1,0 para R^2 y más próximos a cero para χ^2 , SSE y RMSE se consideraron criterios adecuados para evaluar la calidad del ajuste de los modelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1 muestra las curvas de secado obtenidas a partir de los datos en el secador infrarrojo a las 7 temperaturas de trabajo (60, 65, 70, 75, 80, 85 y 90 °C) de la pulpa de chañar, observándose un rápido descenso de la humedad al inicio del proceso y una reducción en la velocidad de pérdida de agua al final del tratamiento.

Al incrementar la temperatura, la relación de humedad (X/X_0) disminuyó significativamente sin que pueda apreciarse una etapa de velocidad constante, obediendo en todo momento a un período de velocidad decreciente. Resultados similares obtuvo Doymaz (2005) trabajando con otros vegetales. Además se observó que a temperaturas altas se dificulta la eliminación de humedad debido al alto contenido de azúcares en el chañar formándose una película caramelizada en la capa superficial. A bajas temperaturas se facilita la eliminación de agua libre, pues la velocidad de secado es menor. Esto corrobora que para el secado de productos altamente azucarados se recomienda realizar el proceso a bajas temperaturas (Bhandari *et al.*, 1997); por otra parte, en el caso del Chañar la temperatura influye en la calidad del producto seco. Resultó con mejor ajuste el modelo Logarítmico para 60°C y el modelo Page de los siguientes 6 tratamientos de temperatura (65 a 90°C). Los valores de la velocidad de degradación k (min^{-1}) para el modelo de Page estuvieron entre 0,09322 hasta 0,113351 desde 60 a 90°C. Estos modelos, pueden ser utilizados para predecir los cambios de los contenidos de humedad con el tiempo aunque no consideran el efecto combinado de otros parámetros de secado, como la velocidad del aire y la temperatura de secado.

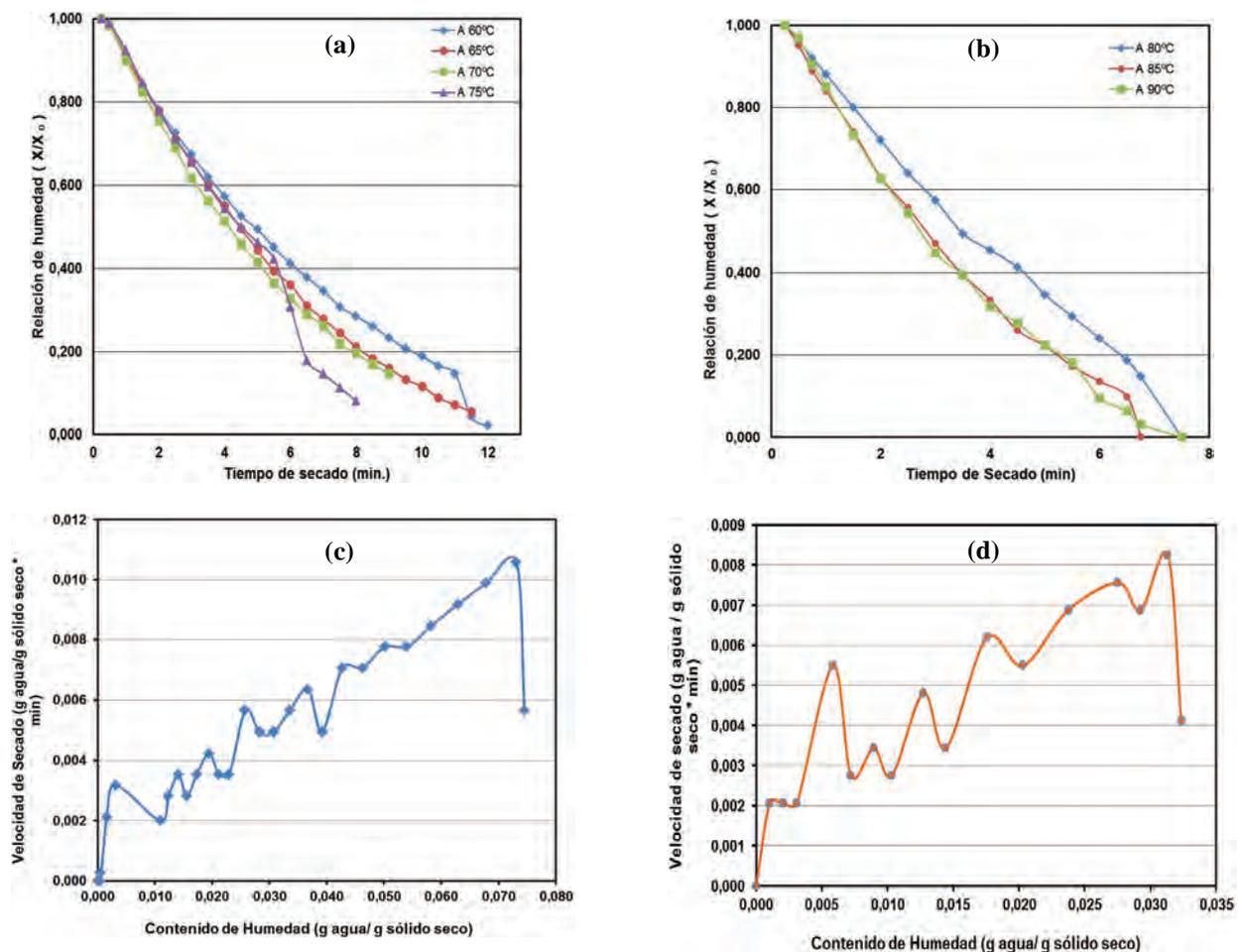


Figura 1. Curvas de secado de chañar; a) 60, 65, 70 y 75°C; b) 80, 85 y 90°C. Curvas de velocidad de secado de chañar: c) 60°C y d) 90°C

CONCLUSIÓN

La mejor velocidad de secado se obtuvo en el intervalo de temperaturas de 60 a 70°C, siendo esta última la de mayor ajuste ($R^2 = 0.9991$). El proceso en el que se mostró la mayor caramelización fue el realizado a 75°C ($R^2 = 0,9804$).

BIBLIOGRAFÍA

Bhandari, B.R., N. Datta and T. Howes. 1997. Problems Associated With Spray Drying of Sugar-Rich Foods. *Drying Technology*, 15(2): 671-684.

Doymaz, I. 2005. Sun drying of figs: An experimental study. *Journal of Food Engineering*, 71(4): 403-407.

Hebbar, H.U., N.K. Rostagi. 2001. Mass transfer during infrared drying of cashew kernel. *Journal of Food Engineering*, 47(1): 1-5.

Krishnamurthy, K., H.K. Khurana, S. Jun, J. Irudayaraj and A. Demirci. 2008. Infrared heating in food processing: an overview. *Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety*, 7(1): 2-13.

Lamarque, A., D. Maestri, J. Zygadio and C. Guzman. 2000. Chemical evaluation of *Geoffroea decorticans* seeds as source of oil and protein, *Grasas y Aceites*; 51(4): 241-243.

Ugarte, A. 2011. *Geoffroea decorticans*. Disponible En: http://www.chilebosque.cl/tree/geoffroea_decorticans.html ; Consulta 06 de Marzo 2012.

Evaluación Del Consumo Energético Durante El Congelamiento Semi Industrial De Refrescos Congelados Bonice

Evaluation of Energetic Consumption During Semi Industrial Freezing Of Bonice Ice-Bars

Miguel García¹, Camilo a. Castro²

¹ Ingeniero Químico, M.Sc Ingeniería Mecánica, Director ID+i, Unidad de Negocio Bonice, Quala S.A. mgarcia@quala.com.co

² Ingeniero Químico, Ph.D. Ingeniería Química, Científico ID+i, División de Alimentos, Quala S.A., ccastrol@quala.com.co

Resumen. Los procesos de congelamiento son determinantes para la textura y estado de los refrescos congelados, lo que a su vez afecta su comercialización. La relación costo/beneficio de dichos procesos se ve afectada con procesos de congelamiento no estandarizados. En Quala S.A. se determinó una alta variabilidad de los procesos utilizados, y por consiguiente, una alta variación de los gastos por consumo energético de equipos de congelamiento vertical. Se encontraron potenciales ahorros con prácticas de congelamiento en donde se utiliza: i) aumento de la carga del producto por encima de la de diseño, y, ii) la desconexión del equipo durante la descarga antes de un nuevo periodo de congelamiento. Estos hallazgos permitieron analizar la viabilidad técnica de la implementación de estas prácticas.

Palabras clave: Congelador vertical, costo de congelamiento, refrescos congelados.

Abstract. During selling and distribution of ice-bars freezing processes are determinant for an adequate state and texture of the product. The cost to benefit ratio is affected when non-standardized freezing processes are used. Quala S.A. determined a high variation of the energy consumption for vertical freezers due to the variability in adopted freezing techniques. Results of this study showed potential energy savings when: i) the frozen product amounts were increased over that of design, and, ii) the freezer was disconnected in the middle of freezing periods. Such findings were analyzed to evaluate the technical viability of the strategies in order to implement them.

Key words: Vertical freezer, freezing cost, ice-bars.

INTRODUCCIÓN

Industrialmente se conocen distintas formas de congelar alimentos, en donde el tipo de congelador, el tipo de refrigerante, las condiciones ambientales y la cantidad de alimento cargado al congelador son variables importantes (De Rossi *et al.*, 2011; Oró *et al.*, 2012; Orrego, 1996). En Quala S.A. la venta de refrescos congelados Bonice (BI) se realiza a través de franquicias con congeladores verticales. Un diagnóstico evidenció un alto

consumo energético y una variación muy alta en las prácticas de congelamiento lo que puede favorecer o no el consumo. En el diagnóstico se observaron prácticas como: i) cargues de producto de dos y tres veces la cantidad de diseño del congelador, ii) corte de suministro de energía entre periodos de congelamiento, y, iii) cargues adicionales durante el proceso. Estas estrategias se tuvieron en cuenta para determinar su efecto sobre el consumo energético bajo condiciones controladas. En este trabajo se presenta un estudio de las prácticas de congelamiento adoptadas en las franquicias BI asociadas a Quala S.A., para analizar el efecto sobre el consumo energético de: la cantidad de producto cargado, tiempos de carga y periodos de desconexión.

MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizaron paquetes de 10 unidades de BI Fresa en un congelador vertical con dos compartimientos de 1200 unidades cada uno. El seguimiento de consumo se realizó con un contador e2-Classic. Las prácticas de congelamiento corresponden a dos periodos de 22h cada uno. Se realizaron dos series de pruebas con una experimentación que se describe en la Tabla 1. En la serie C el congelador cuenta con suministro constante de energía, mientras que en la serie D se suspendió el suministro durante el descargue intermedio (periodo iii).

Tabla 1. Periodos de experimentación para las series de ensayos C y D

Periodo	Tiempo (h)	Actividad
i	0	Vacío
ii	1	1 ^{er} Cargue ⁺
iii	21-24	Descargue*
iv	24	2 ^o Cargue ⁺
v	42	Finalización

*El suministro de energía se suspende para la serie D
⁺Se puede realizar o no un cargue adicional de producto

Cada ensayo se nombra como Xy, o, Xy+z; con "X" la

serie a la que pertenece el ensayo. El subíndice “y” indica la cantidad de unidades de BI cargadas, y “z” las cargadas en caso de un cargue adicional en los periodos ii y iv. La configuración de los paquetes se presenta en la Fig. 1. Se observa la disposición de 20 bolsas con 10 unidades cada una por bandeja en un primer nivel. El cargue adicional se realiza a 7 y 30h en los periodos ii y iv, respectivamente. Para los experimentos con 1200+600 unidades el segundo nivel se cargó cubriendo solo la mitad de bolsas del primer nivel, (Figura 1b), en el caso de la configuración 1200+1200 el cargue adicional cubre todas las bolsas del primer cargue.

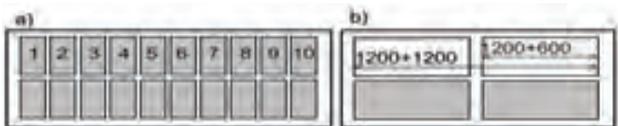


Figura 1. Disposición de paquetes de BI sobre las bandejas del congelador, vistas: a) superior y b) lateral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los perfiles de consumo de energía: Se escogió como modelo de los perfiles el ensayo D1200+1200 y se muestra en la Figura 2. Se observa un periodo, 0 – 3h, con un rápido crecimiento del consumo debido al aumento de la temperatura interna generado por el cargue de producto. Un segundo cargue (~8h) genera un aumento de consumo de ~10% mientras que el aumento del consumo del equipo durante el cargue inicial (0-3h) fue del ~70%. El consumo se estabiliza a la octava hora y tiende a disminuir hasta 22h cuando se retira el producto del equipo. Se alcanza un consumo nulo cuando se desconecta el equipo y luego se reinicia el proceso de congelamiento.

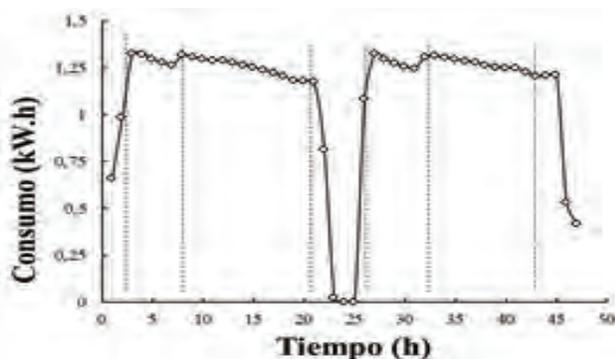


Figura 2. Perfil de consumo de energía del experimento D₁₂₀₀₊₁₂₀₀

Consumo energético de los experimentos de congelamiento: La Tabla 2 presenta las características de los ensayos realizados así como el consumo total por unidad de BI. Para evaluar el efecto de la cantidad de producto sobre el consumo de energía se comparan los ensayos C1200 con C1800 y C2400. Las diferencias en el consumo por unidad de BI para los ensayos de la serie c son: C1200-C1800=0,2, y, C1200-C2400=0,6, diferencias que representan un ahorro en el consumo por unidad del 11 y el 33%. Ahorros similares son obtenidos si se revisan los cálculos para ensayos con suspensión del suministro de energía y aquellos con cargue adicional en ambas series. Esto sugiere que el proceso de congelamiento es más eficiente cuando se aumenta la carga del producto que cuando se subutiliza físicamente el espacio. En este caso, el contacto de las bolsas de BI con las placas por donde circula el fluido refrigerante permite un aprovechamiento de la transferencia de calor.

Tabla 2. Consumo energético de las prácticas de congelamiento

Ensayo	Consumo total (kW.h)	Unidades congeladas*	Consumo por unidad (100xkW.h/BI)
C ₁₂₀₀	43,12	2400	1,80
C ₁₈₀₀	57,52	3600	1,60
C ₁₂₀₀₊₆₀₀	58,1	3600	1,61
C ₂₄₀₀	57,98	4800	1,21
C ₁₂₀₀₊₁₂₀₀	60,93	4800	1,27
D ₁₂₀₀	43,04	2400	1,79
D ₁₈₀₀	50,38	3600	1,40
D ₁₂₀₀₊₆₀₀	52,57	3600	1,46
D ₁₂₀₀₊₁₂₀₀	53,09	4800	1,11

*En dos procesos de congelamiento

Para evaluar la efectividad de la estrategia del cargue adicional se comparan las parejas de ensayos C1800 con C1200+600, C2400 con C1200+1200 y D1800 con D1200+600. Aquí se obtienen diferencias numéricas de: C1200+600-C1800=0,01, C1200+1200-C2400=0,06, y, D1200+600-D1800=0,06, diferencias no significativas según criterios económicos de rentabilidad.

Este comportamiento está relacionado con una compensación de ahorro y gasto durante los periodos de cargue. El producto del cargue adicional está en contacto con producto parcialmente congelado. Teniendo en cuenta que para el hielo y el agua las conductividades térmicas son de 2,18 y 0,56 W/m.K, a la misma temperatura (Ramires *et al.*,

1995), es posible afirmar que la transferencia de calor es más rápida en presencia de una fase sólida. Entonces, se favorece la transferencia de calor desde el líquido al producto sólido. Es probable que estas ventajas se compensen con la pérdida de eficiencia causada por el aumento de temperatura durante el cargue. Por otro lado, para evaluar el efecto de la estrategia de desconexión se obtienen las diferencias: $C1800-D1800=0,2$, $C1200+600-D1200+600=0,15$, y $C1200+1200-D1200+1200=0,16$, que representan ahorros de alrededor de un 13%. Por consiguiente, la desconexión durante el periodo de descargue, utilizando cargas del equipo superiores a 2400 unidades, genera una disminución del consumo y probablemente un ahorro significativo.

CONCLUSIÓN

Durante el congelamiento de refrescos Bonice se evidencia que el consumo energético de un congelador vertical de placas se ve afectado con la práctica de cargue utilizada. Un aumento de la carga de producto, respecto a la de diseño, permite un aprovechamiento del espacio físico y un mayor contacto del producto con las placas refrigerantes, lo que resulta en una disminución del consumo. Por el contrario, cuando se realiza un cargue adicional de producto, sobre uno parcialmente congelado, no se genera un ahorro energético probablemente debido a que se compensa el aumento de la eficiencia del proceso, generado por la transferencia de calor al producto parcialmente congelado, con la ganancia de calor cedido

durante el cargue adicional. Estas estrategias deben evaluarse en campo para determinar costos y posibles aumentos de mano de obra y mantenimiento del equipo con el fin de evaluar su implementación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS la financiación del proyecto código: RC 0181 2012, titulado: "Predicción de las propiedades físicas y del efecto de la actividad del agua sobre la vida útil de refrescos congelados, y alimentos deshidratados a partir de su composición y variables de procesamiento en Quala S.A". Agradecimientos especiales a Ing. MSc. Adriana Gómez Aldana por la corrección de estilo.

BIBLIOGRAFÍA

- De Rossi, F., A.W. Mauro, M. Musto and G.P. Vanoli. 2011. Long-period food storage household vertical freezer: Refrigerant charge influence on working conditions during steady operation. *International Journal of refrigeration* 34(5): 1305-1314.
- Oró, E., L. Miró, M.M. Farid and L.F. Cabeza. 2012. Improving thermal performance of freezers using phase change materials. *International Journal of Refrigeration* 35(4): 984-991, 2012.
- Orrego, C.E. 1996. Congelador de placas diseño y modelado. Especialización en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional. Manizales. 105 p.
- Ramires, M.L., C.A.N. de Castro, Y. Nagasaka, A. Nagashima, M. J. Assael, and W.A. Wakeham. 1995. Standard reference data for the thermal conductivity of water. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 24(3): 1377-1381.

Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas del Yogurt Utilizando Leche Termosónica

Physicochemical Properties Evaluation of Yogurt Using Thermosonic Milk

Yesenia Campo Vera¹ y Dora C. Villada C.²

¹ Profesor Auxiliar. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Francisco de Paula Santander - Sede Cúcuta Facultad Agrarias y del Medio Ambiente – Departamento del Medio Ambiente. A.A. 01012, Cúcuta, Colombia. yeseniadoc@iser.edu.co

² Profesor Asociado. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Francisco de Paula Santander - Sede Cúcuta – Facultad Agrarias y del Medio Ambiente – Departamento del Medio Ambiente. A.A. 01012, Cúcuta, Colombia. <dclemenciavc1@hotmail.com>

Resumen. El ultrasonido (US) ya ha tenido avances en las operaciones comerciales de procesamiento de lácteos, estos efectos físicos inducidos por esta tecnología ha encontrado cada vez mayor aplicación en alimentos y en procesamiento de lácteos, en aplicaciones como el mejoramiento de ultrafiltración

de suero, extracción de alimentos funcionales, reducción de viscosidad del producto, homogenización de glóbulos de grasa de la leche, cristalización de hielo y lactosa y el corte de bloques de queso. El objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades físicoquímicas del yogurt a partir de leche

ultrasonificada que se trató a 40 KHz a diferentes temperaturas 20, 40 y 60 °C durante 20 y 30 minutos; determinando disminución significativa en pH y aumento en la acidez, viscosidad y color por la producción de ácido láctico y la actividad enzimática; debido probablemente a la turbulencia y cavitación que produce dispersión de partículas causada por el US, lo cual podría favorecer aspectos organolépticos del producto.

Palabras clave: Ultrasonido, leche, yogurt, acidez, pH, viscosidad.

Abstract. Ultrasound (US) already has had advances in the commercial operations of lacteal processing, these physical effects induced by this technology has found every time major application in food and in processing of lacteal, in applications as the improvement of ultrafiltration of whey, extraction of functional food, reduction of viscosity of the product, homogenization of milk fat globules, ice and lactose crystallization, and the cut of cheese blocks. The aim of this research is to evaluate the physicochemical properties of the yogurt from milk ultrasound treated at 40 KHz and different temperatures 20, 40 and 60 °C during 20 and 30 minutes; determining significant changes in the decrease of the pH and an increase in the acidity, viscosity and color for the production of lactic acid and the enzymatical activity; owed probably to the turbulence and cavitation that produces dispersion of particles caused by the US, which might favor sensorial aspects of the product.

Key words: Ultrasound, milk, yogurt, acidity, pH, viscosity.

INTRODUCCIÓN

El yogurt es un gel de apariencia viscosa, resultante de la acidificación microbiana de la leche (Salvatierra *et al.*, 2004). El efecto bactericida del US se atribuye a los procesos de cavitación intracelular, ya que a medida que aumenta la amplitud se mejora la consistencia dando lugar a una bebida funcional de mejor calidad (Rivas, 2000); además, de que la fermentación es acelerada debido a una más rápida hidrólisis de lactosa resultantes de la liberación inducida mediante US de β -galactosidasa de las células de las bifidobacterias y se produce ruptura de los glóbulos de grasa logrando una distribución de tamaño más fina mejorando la textura del producto (Spreer, 2000; Márquez *et al.*, 2007). El objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades fisicoquímicas del yogurt utilizando leche termosónica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó leche cruda proveniente de la Granja experimental "San Pablo" y fermentos lácticos: Cultivo láctico: cepas de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*. La investigación se realizó en la Sede Campos Elíseos

(Laboratorio de Ciencias Básicas y Planta de lácteos) de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander ubicada en Cúcuta (Norte de Santander).

Pruebas de plataforma: A la leche se le realizaron las siguientes pruebas: Acidez método 947,05 del A.O.A.C. (1990), Densidad método 925,22 de la A.O.A.C. (1990), Grasa método 960,16 de la A.O.A.C. (1990) y Sólidos no grasos método 990,21 A.O.A.C. (1990).

Tratamiento con US: Se empleó un equipo Branson 1510 (40 KHz), se establecieron 7 tratamientos que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos con US.

Preparación yogurt: Se prepararon 7 lotes de 2 litros cada uno (Navas y Arciniegas, 2008).

TRATAMIENTO	ULTRASONIDO (KHz)	TEMPERATURA °C	TIEMPO (minutos)
1	40	20	20
2	40	20	30
3	40	40	20
4	40	40	30
5	40	60	20
6	40	60	30
7 (Control)	---	---	---

Control: Yogurt a partir de leche sin tratamiento con US.

Análisis fisicoquímicos para el Yogurt: pH y Acidez (AOAC, 2002); viscosidad (Pineda, 2004); color (Mendoza y Aguilera, 2004); todos los análisis se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente a través de análisis normal de varianza (ANOVA) y con el fin de discernir mejor los resultados se utilizó la prueba post hoc de Diferencias Mínimas Significativas (DMS). Paquete de software estadístico SPSS versión 19.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La materia prima analizada fue apta para la elaboración del yogurt según criterios de Decreto 616/2006 (Reglamento Técnico para leche). Los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, viscosidad y color) evaluados mostraron diferencias estadísticas significativa ($\alpha = 0,05$), las muestras tratadas con US reflejaron un disminución en el pH y aumento en sus demás parámetros en comparación a las muestras control (Figura 1).

La disminución de pH en el yogurt se debe a la producción de ácido láctico (Spreer, 2000). MC Clements, (1995); Koda *et al.*, (1999) y Porras, (2011) afirman que el US provoca el fenómeno de cavitación, dicho fenómeno genera un proceso de microevaporación en los

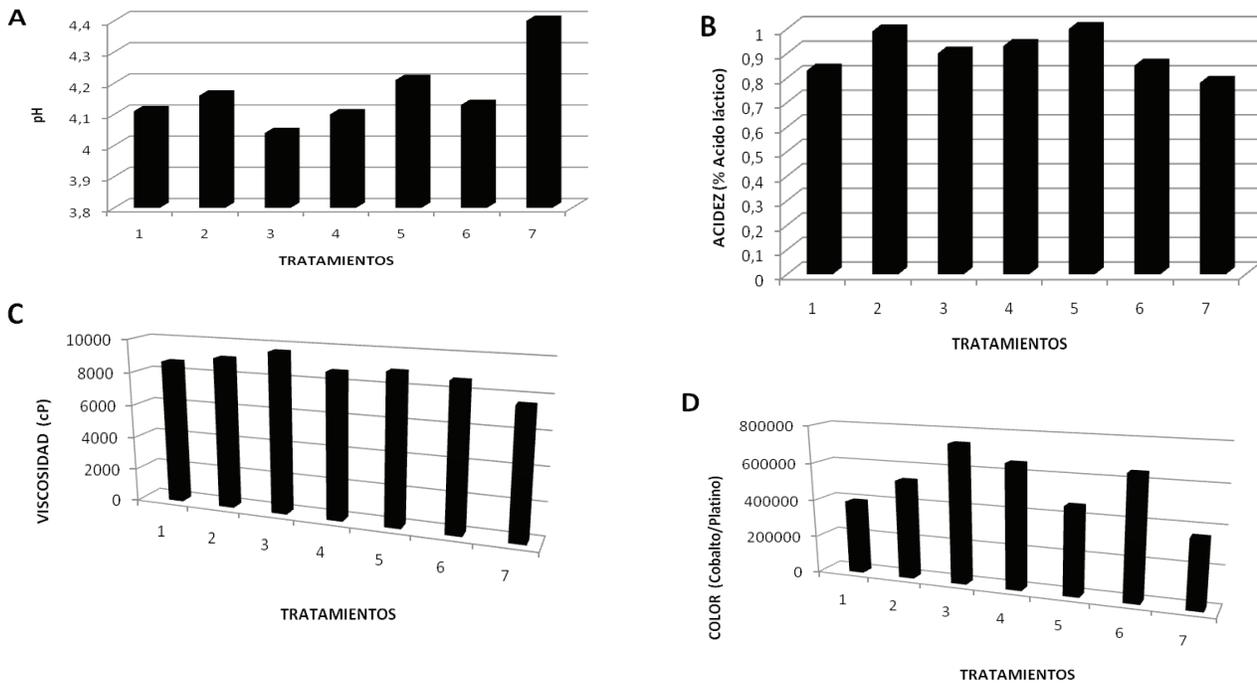


Figura 1. Efecto del US (A) pH. (B) Acidez. (C) Viscosidad. (D) Color.

líquidos tratados, al liberarse el ión hidrogeno del agua del mismo, lo lleva a la disminución sustancial del pH; además, de causar la liberación de sustancias volátiles aromáticas, lo cual podría favorecer aspectos organolépticos (Márquez *et al.*, 2007).

En la Figura 1 (B) se evidencia que las muestras tratadas con US tuvieron un aumento significativo en acidez, pudo ser debido a ácidos producidos por la actividad metabólica de los microorganismos (Lujan *et al.*, 2007); ya que las bacterias utilizan como fuente de energía la lactosa o azúcar de la leche, y liberan ácido láctico como producto de desecho, este provoca un incremento de la acidez haciendo a su vez que las proteínas de la leche precipiten, formando un gel; evitando la proliferación de otras bacterias potencialmente patógenas (Toba, 1990); reflejando resultados muy similares a los obtenidos por Moreno y Bermúdez, (2009) los cuales encontraron que la fermentación es acelerada debido a una más rápida hidrólisis de lactosa resultantes de la liberación inducida mediante US de β -galactosidasa de las células de las bifidobacterias (Spreer, 2000; Márquez *et al.*, 2007).

Como se observa en la Figura 1(C), la viscosidad aumento significativamente en las muestras tratadas con US, debido probablemente a la cavitación que produce ruptura de los glóbulos de grasa logrando una distribución de tamaño más fina mejorando la textura del producto (Spreer, 2000; Márquez *et al.*, 2007); estos

resultados coinciden con los estudios realizados por Wu *et al.*, (2012) quienes observaron efectos de homogenización ultrasónica en glóbulos de grasa de leche, concluyeron que el tiempo de fermentación de la leche homogenizada con US para formar yogurt se redujo significativamente debido a que la sonicación aumentó la actividad enzimática. Además, se observó una reducción de la sinéresis y una mejor viscosidad, fusión de la caseína y proteínas del yogurt, los efectos posteriores se atribuyeron al aumento en la retención de agua de la caseína que estaría disponible conforme aumentara el área de la superficie de la membrana de los glóbulos de grasa Bermúdez *et al.*, (2012).

Las muestras que presentaron aumento en el parámetro de color fueron las tratadas con US (Figura 1D), debido probablemente a la disminución en el tamaño de las partículas por efecto del US (Zenker *et al.*, 2010; Valero *et al.*, 2011). Además presentaron una acentuación adecuada en su tonalidad, esto debido probablemente a la turbulencia que produce dispersión de partículas causada por el US (Suslick *et al.*, 1999; Mathé y Hinrich, 2000)

CONCLUSIÓN

La presente investigación permitió establecer que al aplicar US (40 KHz/40°C/20min) a la leche, mejora las propiedades fisicoquímicas del yogurt.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2002. Association of Official Analytical Chemistry. 15th Ed, Arlington, Virginia-USA. pp. 931-935.
- Decreto 616 del 2006. Ministerio de Protección. Colombia.
- Mc Clements, J. 1995. Advances in the application of ultrasound in food análisis and processing. Trends in Food Science and Technology (6). pp. 31-37.
- Koda, S., Y. Kenji, and Hiroyasu. 1999. Effect of power ultrasound on pH change in water saturated with air, oxygen, nitrogen, argon and mixtures. En: Journal title: Kagaku Kogaku Ronbunshu. 25, (2) 290-293.
- Lujan, D. J. Morales y J. Padilla. (2007). Evaluación de los tratamientos de esterilización y aditivos en la conservación de la seta *Pleurotus ostreatus*. pp. 49-57.
- Mathé, P., and J. Hinrich. 2000. On scattering of ultrasonic waves. Institute for Applied Analysis and Stochastics. Berlin, Germany.
- Márquez, C., E. Otero y R. Cortés. 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). en *poscosecha. Vitae* (14). pp. 133-139.
- Mendoza, F. and J.M. Aguilera. (2004). Application of image analysis for classification of ripening bananas. *Journal of Food Science* 69(9): 471-477.
- Navas, I. y J. Arciniegas. 2012. Estudio del proceso de elaboración de yogurt batido con extracto natural de albacá. Universidad Industrial de Santander. pp 25-30.
- Pineda, M. 2004. Medición de viscosidad en yogurt. Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Porras, O. 2011. Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango *Mangifera indica* l variedad comun. *Revista Alimentos Hoy*. Vol 20: 53-78.
- Rivas, A. 2000. Efecto de la Adición de Calcio en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de dos tipos de yogurt. Tesis de maestría. UDLA Puebla. México.
- Salvatierra, M., A. Molina, M. Gamboa y M. Arias. 2004. Evaluación del efecto de cultivos probióticos presentes en yogurt sobre *Staphylococcus aureus* y a la producción de termonucleasa. *Arch. Latin. Nutr.* 54(3):298-301.
- Speer, E. 2000. *Lactología Industrial, leche, preparación y elaboración, máquinas, instalaciones y aparatos, productos lácteos*. Editorial Acribia S.A. 3° Edición. Zaragoza.
- Suslick, K., Y. Didenko, M. Fang, T. Hyeon, K. Kolbeck, and M. Wong. (1999). Acoustic cavitation and its chemical consequences. *The Royal Society* 357(1751). pp. 335-353.
- Wu H., G.J. Hulbert and J.R. Mount. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* (1): 211-218.
- Zenker, M., V. Heinz and D. Knorr. (2010). Application of ultrasound assisted thermal processing for preservation and quality retention of liquid foods. *Journal of Food Protection* 66(9). pp. 1642-1649.
- Valero, M., N. Recrosio, D. Saura, N. Muñoz, N. Marti and V. Lizama. (2004). Effect of ultrasound treatments in orange juice processing. *Food Chemistry* 49(1): 482-489.
- Toba, T. new method for manufacture of lactose hydrolysed fermented milk. *J Sci Food Agri.* 1990. p. 403-407.

Modelos para Predecir el Factor de Esparcimiento Máximo de Formulaciones de Recubrimiento de Gelatina

Models to Predict the Maximum Spread Factor of Gelatin Coating Formulations

Ricardo D. Andrade¹, Olivier Skurtys², Fernando Osorio³

¹ Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, rdandrade@correo.unicordoba.edu.co

² Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

³ Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

Resumen. En este trabajo se evaluaron los modelos más utilizados para predecir el factor de esparcimiento máximo (ξ_{max}) al impactar gotas de formulaciones de recubrimiento comestible (FRC) a base de gelatina, glicerol y nanofibra de celulosa sobre los epicarpios de plátano y berenjena. Las gotas de las FRC se generaron a partir de un sistema controlado bomba-jeringa, y las imágenes fueron captadas por una cámara de alta velocidad y determinando el diámetro de esparcimiento máximo por el programa ImageJ. Los modelos reportados en la literatura no predicen los datos experimentales del ξ_{max} de las FRC, debido a que estas se comportan como fluidos no Newtonianos, por lo cual se propone una modificación de estos modelos para predecir

el ξ_{max} en fluidos pseudoplásticos consistente en incluir la viscosidad efectiva (viscosidad aparente a un gradiente de deformación promedio).

Palabras clave: Recubrimientos comestibles, aspersión, fluido no Newtoniano, viscosidad efectiva.

Abstract. In this work, the models to predict the maximum spread factor (ξ_{max}) upon impact drops of edible coating formulations (ECF) based on gelatin, glycerol and cellulose nanofiber on banana and eggplant epicarps were evaluated. Drops of ECF were generated from a pump-controlled syringe system, and a high-speed camera captured images, determining the maximum spread diameter by ImageJ

program. The models reported in the literature do not predict the experimental data of ξ_{max} because the ECF as non-Newtonian fluids, so a modification of these models are proposed to predict ξ_{max} in pseudoplastic fluids, which is including effective viscosity (apparent viscosity determined at average shear rate).

Key words: Edible coatings, spray, non-Newtonian fluid, effective viscosity.

INTRODUCCIÓN

En aplicaciones de recubrimiento por aspersión es muy importante el comportamiento al impacto de gotas sobre superficies solidas; en particular, las gotas cuando impactan una superficie solida, pueden rebotar, salpicar, o depositarse, esto último claramente es lo deseable (Andrade *et al.*, 2012; Bolleddula *et al.*, 2010). An y Lee (2012) reportan que bajo condiciones de impacto idénticas, el diámetro de esparcimiento máximo de gotas pseudoplásticas son mayores que el presentado en gotas Newtonianas, a pesar de que muestran una morfología de impacto similar.

Para seleccionar las mejores condiciones de funcionamiento en aplicaciones de recubrimiento por aspersión es importante predecir el factor de esparcimiento máximo (ξ_{max}) del impacto de gotas sobre superficie sólida. Los modelos reportados en la literatura para fluidos Newtonianos están en función de los números adimensionales de Reynolds, Weber

y Ohnesorge. Diferentes modelos son utilizados para predecir ξ_{max} , entre los que se tienen: Jones (1971), Asai *et al.*, (1993), Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.*, (2002) y Andrade *et al.*, (2012). El objetivo de este trabajo fue evaluar estos modelos y proponer una modificación para predecir ξ_{max} en fluidos pseudoplásticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Banano (*Musa sapientum* var. *paradisica*) y berenjena (*Solanum melongena* L.) se adquirieron en supermercados de Santiago de Chile. La energía libre de superficie de los epicarpios de banano y berenjena es 39,29 y 33,06 mN.m⁻¹, respectivamente. Para la preparación de las FRC se utilizó gelatina de piel bovina Tipo B (180 Bloom), glicerol y nanofibras de celulosa (NFC), estas últimas producidas por el grupo de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Las FRC se realizaron con las siguientes concentraciones: 0,6; 1,3 y 2 %m/v de gelatina, 10; 15 y 20 %m/m de glicerol, y 1; 3 y 5 %m/m de NFC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades físicas y el diámetro inicial de las gotas (D_0) de las FRC se presentan en la Tabla 1. Los experimentos de impacto de gotas se realizaron a tres valores de velocidad de impacto, U_0 (1,4; 2,4 y 3,13 ms⁻¹). La bondad de los modelos para predecir el ξ_{max} se evaluó utilizando el

Tabla 1. Propiedades físicas de las formulaciones de recubrimiento comestible a 20°C y diámetro de la gota antes del impacto (D_0)

Corrida	Concentración			Propiedades físicas				
	G %m/v	g %m/m	C %m/m	ρ kg.m ⁻³	γ_{LV} mN.m ⁻¹	n	K Pa.s ⁿ	D_0 mm
S1	2,0	15	5	1084,8	64,6	0,68	0,094	3,50
S2	0,6	20	3	1080,1	67,7	0,74	0,027	3,52
S3	1,3	20	5	1081,4	65,5	0,74	0,025	3,50
S4	1,3	15	3	1081,7	66,6	0,69	0,052	3,52
S5	1,3	20	1	1083,1	65,9	0,56	0,062	3,47
S6	1,3	15	3	1083,8	66,7	0,69	0,052	3,50
S7	2,0	15	1	1085,3	65,2	0,71	0,082	3,50
S8	2,0	10	3	1085,5	65,0	0,60	0,104	3,52
S9	1,3	10	5	1083,6	65,4	0,60	0,060	3,49
S10	0,6	15	5	1080,6	65,2	0,71	0,022	3,48
S11	2,0	20	3	1085,7	64,9	0,65	0,061	3,44
S12	1,3	10	1	1082,1	65,6	0,59	0,066	3,51
S13	0,6	10	3	1080,7	68,1	0,75	0,027	3,53
S14	1,3	15	3	1083,8	66,5	0,67	0,058	3,52
S15	0,6	15	1	1080,4	69,9	0,74	0,026	3,56

G: gelatina g: glicerol NFC: nanofibras de celulosa

coeficiente de determinación (R^2), error medio cuadrático (EMC), factor de sesgo (Bf) y porcentaje de discrepancia (Df) entre los datos observados (y_0) y predichos (y_p).

Ninguno de los modelos evaluados predice los valores experimentales de ξ_{max} (Figura 1), presentando porcentajes de discrepancia mayores al 40 %. Además todos los modelos subestiman el valor experimental de ξ_{max} ($Bf < 1$). Esto es debido a que las FRC evaluadas exhiben un comportamiento no Newtoniano (fluido pseudoplástico). De acuerdo con An y Lee (2012), en condiciones de impacto idénticos, ξ_{max} de un fluido pseudoplástico es mayor que el de un fluido Newtoniano

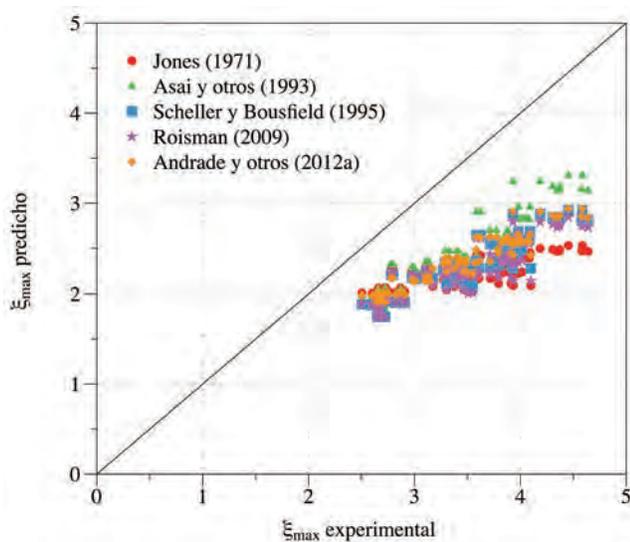


Figura 1. Comparación de los valores experimentales y predichos por los modelos del factor de esparcimiento máximo para FRC.

que tienen la misma viscosidad a deformación cero, pero más pequeño que un fluido Newtoniano con la misma viscosidad a de deformación infinita. Debido a lo anterior, se propone incluir en los modelos un valor del gradiente de deformación en función de la velocidad de impacto. Para esto se supone que durante el esparcimiento de la gota sobre una superficie sólida, ésta forma un disco cilíndrico y que la velocidad varía solamente en la dirección r (Chandra y Avedisian, 1991); además se determina el gradiente de deformación promedio correspondiente a la pendiente de la función de la velocidad de la laminilla con relación al espesor, para cada velocidad de impacto. Para las FRC estudiadas se obtuvo pendiente ≈ 1395 . Por lo anterior la viscosidad aparente a un gradiente de

deformación promedio (viscosidad efectiva, η_{ef}) para un fluido que cumple la ley de potencia se puede determinar por la ecuación: $\eta_{ef} = K (1395U_0)^{n-1}$.

En la Figura 2 se observa que para todos los modelos, la introducción de la viscosidad efectiva mejora la predicción de los valores experimentales de ξ_{max} . Esto se evidencia en una reducción del porcentaje de discrepancia (Df) en los diferentes modelos modificados propuestos por Jones (1971) (72,8 %), Asai *et al.*, (1993) (63,5 %), Scheller y Bousfield (1995) (86,4%), Roisman *et al.*, (2009) (86,8%), y Andrade *et al.*, (2012) (84,9%). Finalmente, cuando se incluye la viscosidad efectiva a los modelos propuestos por Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.*, (2002) y Andrade *et al.*, (2012), estos predicen satisfactoriamente los datos experimentales de ξ_{max} , presentando Df menores del 10% y errores medio cuadrático (EMC) menores a 0,034.

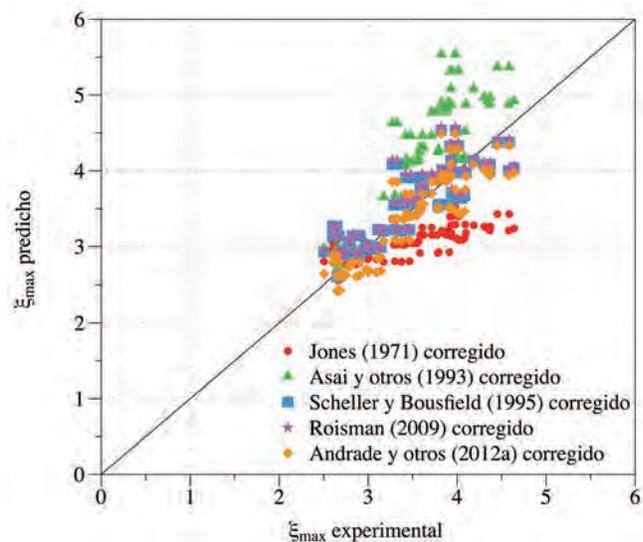


Figura 2. Comparación de los valores experimentales y predichos por los modelos modificados del factor de esparcimiento máximo para FRC.

CONCLUSIÓN

Los modelos evaluados en este estudio no predicen adecuadamente los valores experimentales del factor de esparcimiento máximo, debido a que las FRC a base de gelatina, glicerol y nanofibra de celulosa, presentan un comportamiento pseudoplástico, por lo cual su viscosidad aparente cambia durante la fase de esparcimiento. La inclusión de una viscosidad aparente promedio que represente los cambios de viscosidad

durante el esparcimiento de una gota impactando sobre una superficie sólida (viscosidad efectiva), mejora ostensiblemente la predicción de los modelos propuestos por Jones (1971), Asai *et al.*, (1993), Scheller y Bousfield (1995), Roisman *et al.*, (2002) y Andrade *et al.*, (2012).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto 1130587 FONDECYT y O.S agradece al proyecto 1120661 FONDECYT por el apoyo financiero.

BIBLIOGRAFÍA

An, S.M. and S.Y. Lee. 2012. Maximum spreading of a shear-thinning liquid drop impacting on dry solid surfaces. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38(0): 140 – 148.

Andrade, R.D., O. Skurty and F. Osorio. 2012. Experimental study of drop impacts and spreading on epicarps: Effect of fluid properties. *Journal of Food Engineering*, 109(3): 430 – 437.

Bolleddula, D.A., A. Berchielli, and A. Aliseda 2010. Impact of a heterogeneous liquid droplet on a dry surface: Application to the pharmaceutical industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 159(2): 144–159.

Chandra, S. And C.T. Avedisian. 1991. On the Collision of a Droplet with a Solid Surface. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences*, 432(1884): 13–41.

Jones, H. 1971. Cooling, freezing and substrate impact of droplets formed by rotary atomization. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 4(11): 1657– 1660.

Roisman, I.V, R. Rioboo, and C. Tropea. 2002. Normal impact of a liquid drop on a dry surface: Model for spreading and receding. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 458(2022): 1411–1430.

Scheller, B.L. and D.W. Bousfield. 1995. Newtonian drop impact with a solid surface. *AIChE Journal*, 41(6): 1357–1367.

Evolución de la Fermentación en Mosto de Maracuyá (*Passiflora edulissims*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*) *Evolution of Fermentation Maracuyá Wort (*Passiflora edulissims*) and Cholupa (*Passiflora maliformis*)*

Claudia Amorocho C¹, Cindy Bernal L² y Daniel Castro C.³

¹ Profesor Asistente. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Agrícola. Neiva <claudiamilena.amorocho@usco.edu.co>

² Estudiante. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Agrícola. Neiva. <cindykat16@gmail.com>

³ Estudiante. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Agrícola. Neiva. <danielmauriciocastro@hotmail.com>

Resumen. El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de vino de maracuyá (*Passiflora edulissims*) y cholupa (*Passiflora maliformis*) mediante el proceso de fermentación del mosto de las respectivas frutas inoculados con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (marca fleischmann). Después de la evaluación fisicoquímica del proceso de fermentación de cada ensayo mediante análisis de acidez y sólidos solubles, se concluye que el vino obtenido a partir de maracuyá presentó una acidez de $2,3 \pm 0,09$; mientras que la cholupa mostro al final un valor de $1,7 \pm 0,1$; los contenidos finales de sólidos solubles de maracuyá y cholupa fueron de 8,4 y 6,9 °Brix, respectivamente.

Palabras clave: *Saccharomyces cerevisiae*, mosto, propiedades fisicoquímicas.

Abstract. The objective of this research was to evaluate the production of passion fruit (*Passiflora edulissims*) and cholupa (*Passiflora maliformis*) wine through the process of fermentation of the juice of the respective fruits inoculated with yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Fleischmann brand). After physicochemical evaluation of the fermentation process by acidity analysis and soluble solids content test, it is concluded that wine obtained from passion fruit provided an acidity of 2.3 ± 0.09 ; while at the end cholupa showed a value of 1.7 ± 0.1 ; final content of passion fruit and cholupa soluble solids were 8.4 and 6.9 ° Brix, respectively.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, must, physicochemical properties

INTRODUCCIÓN

El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) y la cholupa (*Passiflora maliformis*) son frutas de clima tropical muy apreciadas por la calidad de su jugo, el departamento del Huila se destaca por ser uno de los principales productores de estas dos pasifloras en el país, con una producción de 19000 toneladas/año de maracuyá y 1072 toneladas/año de cholupa (Gobernación del Huila, 2011), la cual se destina en su mayoría al consumo en fresco. La preparación de vinos de fruta es una práctica desarrollada a nivel artesanal en el país y va en aumento a nivel industrial en búsqueda de innovación. Para la elaboración de estas bebidas se ha utilizado con mayor frecuencia uva, mora, manzana y fresa alcanzando buenos resultados; los consumidores están prestos a experimentar nuevos y exóticos sabores, lo que se alcanza con la mezcla de frutas no tan utilizadas en estos procesos (Olivero *et al.*, 2011). Otras investigaciones realizadas muestran el uso de frutas tropicales como naranja, papaya y sandía, en la fabricación de bebidas fermentadas, uno de estos estudios es el desarrollado por Bedoya *et al.*, (2005) en donde analizan el comportamiento de la naranja dulce (*Citrus sinensis* Osbeck) durante la fermentación, evaluando tres concentraciones distintas de sólidos solubles (16, 20 y 25) y dos cepas de levadura *S. cerevisiae*, teniendo como resultado que el vino a 25 °Brix tuvo mayor aceptabilidad puesto que presentó las mejores características organolépticas. Por otro lado, Aguilar y Hernández, (2006) identifican y valoran las características favorables de la naranja, papaya, sandía, manzana y pera para la fabricación de vinos, adicionando nutrientes y azúcares para hacer más agradable la bebida, teniendo como resultado que el vino de manzana fue el que presentó mayor aceptación, pero que en general todos tuvieron una calificación aceptable. El objetivo del presente estudio fue hacer un monitoreo de °Brix y acidez en la obtención de vino a partir de dos tipos de mosto, maracuyá y cholupa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la extracción del mosto se utilizaron frutos de maracuyá y cholupa en estado de madurez comercial; los frutos fueron lavados en una solución de 4% de ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), despulpados, licuados y tamizados hasta obtener 2500 mL de mosto; se adicionó azúcar comercial hasta alcanzar una lectura de 20 °Brix en los dos tratamientos; los mostos se almacenaron en frascos de vidrio de 5L previamente esterilizados. La preparación del inóculo se realizó empleando levadura comercial *S. cerevisiae* (marca fleischmann), cumpliendo con la relación de 1 g de levadura por cada 100 mL de mosto, después de inocular y homogenizar se sellaron los recipientes con tapa y se adaptó en la parte superior una manguera para facilitar la salida de CO_2 . Estos se incubaron a temperatura de 27°C durante 30 días. Se realizaron tres repeticiones para cada tipo de fruta. Se tomaron muestras para análisis a los 0, 4, 7, 10, 15, 22 y 28 días de almacenamiento, determinando contenido total de azúcar con un refractómetro (Atago pocket 0-85, pal-A (alfa) método del refractómetro (AOAC-932.12) y acidez total de acuerdo al método (AOAC -942.15)). Se empleó el programa informático Statgraphics Centurion XV.II para realizar el análisis estadístico. Se hizo un análisis de varianza simple (ANOVA) para acidez y grados Brix en función del tiempo en la fermentación de maracuyá y cholupa. El t-test ANOVA comprueba si existe alguna diferencia significativa entre medias. En caso afirmativo, el test de rangos múltiples de HSD Tukey muestran las medias que son significativamente diferentes. Las diferencias entre medias fueron consideradas significativas cuando $P < 0,05$.

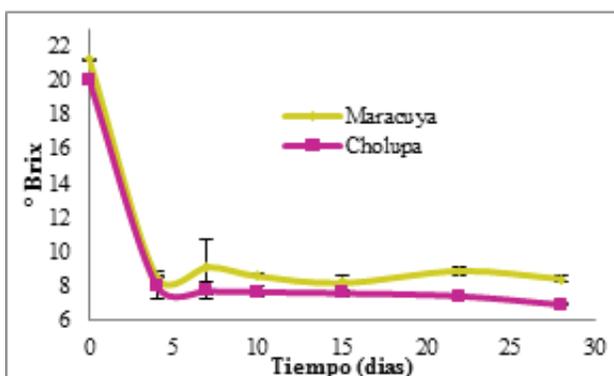


Figura 1. Variación de °Brix a través del tiempo.

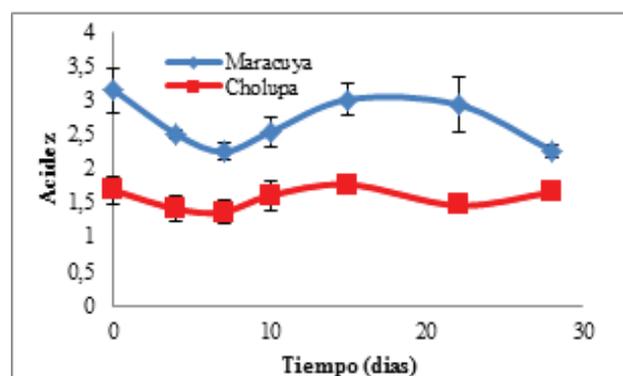


Figura 2. Cambios en % acidez de ácido cítrico del mosto de maracuyá y cholupa durante el proceso de fermentación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El jugo de maracuyá se encontró con una acidez de 3,1% de ácido cítrico y se ajustó a 21°Brix; para la cholupa la acidez inicial fue de 1,7% de ácido cítrico y se ajustó a 20°Brix. El maracuyá se caracteriza por tener una acidez mayor que la cholupa (Figura 2).

En la Figura 1 se puede observar el marcado descenso de °Brix los primeros 4 días debido al crecimiento de *S. cerevisiae*. Se encontró que hay diferencia estadísticamente significativa entre el día 0 y los demás días ($P= 0,0000$) para ambos tratamientos. En el proceso de fermentación de cada fruta, la glucosa y fructosa presente en el medio se transforma en CO_2 y alcohol (Madigan, 2009) y como resultado disminuye los sólidos solubles, después se tiene una tendencia constante sin variaciones significativas, posiblemente por la acción antiséptica que genera el alcohol producido, limitando así el crecimiento de la población de levaduras (López, 2012). Además, según Blouin, (2003) en las últimas etapas del proceso, el contenido de azúcar varía muy poco mientras que el contenido aromático aumenta considerablemente. En la Figura 2 se presenta el cambio en la acidez total de los tratamientos evaluados y se puede observar que para ambos ensayos se da un descenso de acidez, según Suarez, (2003), la tendencia a disminuir está relacionada con la fermentación maloláctica, en la que el ácido málico se transforma en ácido láctico y carbónico; de esta transformación resulta una pérdida en la acidez fija, ya que el ácido málico contiene dos funciones ácidas mientras que el ácido láctico contiene solo una, esto quiere decir que una parte de la acidez de la bebida fermentada se transforma en gas carbónico el cual se desprende y se elimina; tal como se apreció en los primeros días de la fermentación. El incremento de la acidez en los días 7, 10 y 15 en la bebida fermentada de maracuyá y cholupa se debe a la formación de subproductos ácidos durante esta etapa de la fermentación alcohólica, teniendo en cuenta que la acidez total es la suma de todos los ácidos presentes en el vino. Las bebidas fermentadas de maracuyá y cholupa después de 28 días difieren en los datos de acidez y grados brix, sin embargo, muestran tendencias similares.

CONCLUSIÓN

Después de realizar un proceso de fermentación con mosto de maracuyá y cholupa, se obtiene una bebida fermentada de maracuyá con $2,3 \pm 0,09$ de acidez y 8,4% de sólidos solubles y para cholupa, la acidez de $1,7 \pm 0,10$ y 6,9% de sólidos solubles, cada vino con las características aromáticas propias de cada fruta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. O. y D.R. Hernandez. 2006. Elaboración a nivel de laboratorio de vino a partir de fruta: manzana, naranja, papaya, pera y sandía. Tesis de pregrado en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". San Salvador. 108p.
- AOAC, 1998. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, 16th edition, volume II, food composition; additives; natural contaminants
- AOAC, 1998. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, edited by patricia cunniff, sixteenth edition, 4th revision, 1998, volume II 1998 current through march 1998 revision.
- Bedoya, D., E. Gómez, D. Luján y J. Salcedo. 2005. Producción de vino de naranja dulce (*Citrus sinensis* Osbeck) por fermentación inducida comparando dos cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. *Temas Agrarios* 10(2): 26-34.
- Blouin, J. 2003. *Enología Práctica, Conocimiento y elaboración del vino*. Cuarta Edición. Editorial Mundi-Prensa. España. 353 p.
- Gobernación del Huila. 2011. Anuario estadístico Agropecuario. En: Gobernación del Huila. Secretaria de agricultura y minería; <http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/OBSERVATORIO%20DE%20TERRITORIOS%20RURALES/ANUARIO%20ESTADISTICO%20AGROPECUARIO%20DEL%20HUILA%20A%C3%91O%202011.pdf> .183 – 210 p., consulta: febrero 2014.
- López, J. 2012. Hablando de vinos. En *Industria Alimenticia*, <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/hablando-de-vinos>; consulta: febrero 2014
- Madigan M.T., J.M. Martinko, P.V. Dunlap and D.P. Clark. 2009. *Brock Biología de los microorganismos*. Pearson, Madrid. 829-831 p.
- Olivero, R.E., Y. Aguas y K. Cury. 2011. Evaluación del efecto de diferentes cepas de levadura (Montrachet, K1-V1116, EC-1118, 71B-1122 y IVC-GRE®) y clarificantes sobre los atributos sensoriales del vino de naranja criolla (*Citrus sinensis*). *Revista Colombiana de Biotecnología* 13(1): 163-171.
- Suárez, J. 2003. Sensory profile of wine after malolactic fermentation. En: *El centro de recursos sobre percepción y ciencias sensoriales*, http://www.percepnet.com/cien11_03.htm; consulta: febrero 2014.

Estudio Numérico del Desarrollo de Flujo a Través de Tubos Torsionados y Flexionados en Espiral

Numerical Study of Flow Development Through Twisted Coiled Tubes

Juan G. Ardila M.¹; Jaime A. Riascos S.²; Jhon A. Isaza H.³

¹ Docente Tiempo Completo Ocasional, Ingeniero Mecánico, Magister en Gestión Energética Industrial (candidato). Facultad de Ingenierías, Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía – MATyER, juanardila@itm.edu.co

² Estudiante líder semillero, Ingeniero Mecatrónico (candidato). Facultad de Ingenierías, Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía – MATyER, j-andrezs@hotmail.com

³ Docente Tiempo Completo Ocasional, Ingeniero en Instrumentación y Control, MSc. Facultad de Ingenierías, Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales – AEyCC jhonisaza@itm.edu.co

Resumen. Los intercambiadores de calor son fundamentales para el funcionamiento de plantas de energía e industrias de proceso, haciendo indispensable el uso de técnicas activas y pasivas para el incremento de la transferencia de calor, así como para el desarrollo de diseños eficientes y fiables. El diseño se ha fundamentado en métodos iterativos que requieren experimentación para su validación. Lo anterior sumado al desarrollo de poderosos microprocesadores promueve el empleo de métodos numéricos para estudiar distribución del flujo, suciedad, caída de presión y hacer análisis térmico aplicando diferentes modelos de turbulencia como $k-\epsilon$ o $k-\omega$, así como diferentes esquemas de acoplamiento velocidad-presión como SIMPLE, SIMPLEC, PISO, etc. Este trabajo estudia mediante un modelo numérico CFD (Computational Fluids Dynamics) hecho en ANSYS® el desarrollo del flujo a través de intercambiadores de tubos torsionados y en espiral helicoidal, en el marco del desarrollo de correlaciones de transferencia de calor y caída de presión, con el objetivo de establecer la longitud mínima con la que puedan inferirse conclusiones para todo el intercambiador. El estudio muestra que a partir de la primera vuelta el flujo podría estar completamente desarrollado, y se logra verificar la formación de flujos secundarios y regiones de recirculación que incrementan la transferencia en estos dispositivos.

Palabras clave: CFD, ANSYS, tubo torsionado, tubo en espiral.

Abstract. Heat exchangers are essential for power plants and process industries operation, making necessary use of active and passive techniques for increasing heat transfer, as well as for development of efficient and reliable designs. Design has been based on iterative methods that require testing for validation. This, coupled with powerful microprocessors development, promotes numerical methods use to study flux distribution, dirt, pressure drop and thermal analysis by applying different turbulence models such as $k-\epsilon$ or $k-\omega$, and different coupling schemes pressure-

velocity as SIMPLE, SIMPLEC, PISO, etc. This paper studies, using a CFD (Computational Fluids Dynamics) numerical model made in ANSYS®, development of flow through twisted coiled exchanger tubes, as part of the development of correlations of heat transfer and pressure drop, in order to establish minimum length with which conclusions can be inferred for entire exchanger. The study shows that, from first turn, flow could be fully developed and how the formation of secondary flows and recirculation regions that increase the transfer in these devices can be verified.

Key words: CFD, ANSYS, twisted tube, coiled tube.

INTRODUCCIÓN

Diferentes métodos para mejorar la tasa de transferencia de calor en intercambiadores han sido investigados (Zachár 2010); esto ha permitido identificar distintas técnicas, para el mejoramiento en la eficiencia de transferencia, clasificadas en dos categorías: técnicas activas y técnicas pasivas; las primeras requieren alimentación externa (vibración o campos electromagnéticos), mientras las segundas no la necesitan (geometrías especiales o inserciones dentro del tubo). Un método pasivo muy usado es el de tubos en espiral (Shokouhmand *et al.*, 2008) en los que el flujo secundario causado por la fuerza centrífuga aumenta la transferencia de calor (Minton 1970).

La dinámica de fluidos computacional – CFD – es la rama de la mecánica de fluidos que emplea métodos numéricos y lenguajes de programación para la implementación de algoritmos en el análisis de problemas y fenómenos en toda clase de fluidos (Tu *at al.*, 2013). Las computadoras son empleadas para la realización de millones de cálculos, relacionados a las ecuaciones y modelos matemáticos acoplados al fenómeno, en muy poco tiempo dependiendo del problema a resolver. Paquetes CFD comerciales han sido usados para predecir el desarrollo del flujo de masa y térmico obteniendo

resultados coherentes con los experimentales en intercambiadores de calor de tubos en espiral concéntricos, en intercambiadores de coraza y tubo en espiral, en tubos en espiral rectangular, en tubos en espiral con flujo bifásico, en tubos en espiral con flujo monofásico, en tubos en espiral con torsionado; empleando los programas: FLUENT®, CFX®, PHOENICS® y ANFIS® (Ardila y Hincapié, 2012). CFD se ha empleado para los siguientes estudios: mala distribución del flujo de los fluidos, suciedad o incrustaciones, caída de presión y análisis térmico en la fase de diseño y optimización. Los diferentes modelos de turbulencia disponibles en general con fines comerciales (estándar, realizable, RNG, RSM y SST) en relación con los métodos numéricos de acoplamiento velocidad-presión (como SIMPLE, SIMPLEC, PISO, etc.) se han adoptado para llevar a cabo las simulaciones. La calidad de las soluciones obtenidas ha estado, en gran parte, dentro del intervalo aceptable, a la luz de resultados experimentales de laboratorio o de proceso real, demostrando que CFD es una herramienta eficaz para predecir el comportamiento y el rendimiento de una amplia variedad de intercambiadores de calor (Aslam Bhutta *et al.*, 2012). Este trabajo estudia mediante un modelo numérico ANSYS® el desarrollo del flujo a través de intercambiadores de tubos torsionados y en espiral helicoidal, en el marco del desarrollo de correlaciones de transferencia de calor y caída de presión, con el objetivo de establecer la longitud mínima con la que puedan inferirse conclusiones para todo el intercambiador.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El procedimiento de simulación se divide en tres fases: Pre-procesamiento, Procesamiento y Post-procesamiento; en la primera se define la geometría, es decir, los límites físicos del sistema, para el proyecto se definió la masa de agua al interior de un tubo torsionado en espiral helicoidal que recibe un flujo de calor tal como sería en un intercambiador de calor, un tubo comercial Turbotec® se desarrolló en SolidEdge®, luego fue exportado al DesignerModeler®, ver Figura 1; luego, se lleva a Meshing®, el volumen ocupado por el fluido y se discretiza en celdas (mallado), la malla se optimizó mediante la aplicación de un parche independiente de tetraedros a todo el volumen de control, este limita la forma de los volúmenes finitos al interior del cuerpo, y la inflación de la superficie de transferencia de calor; a continuación se habilitó el módulo de configuración de CFX® y se procedió a la selección y configuración de los modelos, se trabajó con el modelo de turbulencia $k-\omega$ para representar el flujo turbulento al interior del intercambiador, la selección del modelo se hizo sacrificando el costo computacional al trabajar con un modelo de turbulencia que contiene más ecuaciones que el modelo $k-\epsilon$, esto porque se obtuvieron resultados más realísticos en la comparación hecha durante una fase preliminar de esta investigación publicada en (Ardila *et al.*, 2013); después vino la selección y configuración de los materiales involucrados en los procesos y sus propiedades

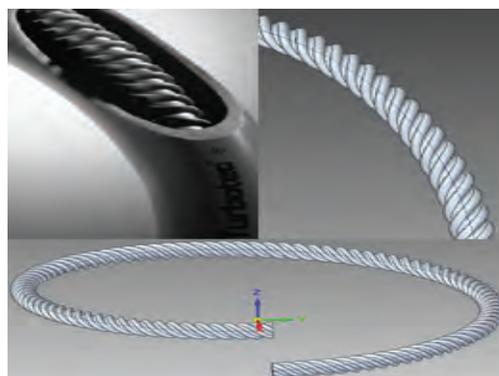


Figura 1. Tubo Turbotec® (tomado del catálogo) y modelo representativo (Fuente: Autores) para la obtención de resultados se tomaron las proyecciones tangenciales de la velocidad en la salida para evidenciar la formación de flujos secundarios y torbellinos y ver cómo evolucionan a lo largo de su recorrido a través del intercambiador.

durante los mismos, el agua líquida viene configurada con las propiedades termo-dependientes a una temperatura estándar pero fueron modificadas a una temperatura promedio estimada después de algunas pruebas piloto, el valor que dichas propiedades toman a la temperatura estimada fueron calculadas con los polinomios utilizados por (Zachár, 2010); posteriormente se dio la definición de condiciones de frontera (o contorno), esto implica especificar el comportamiento y las propiedades del fluido en los límites del problema, se trabajó con temperatura constante en la pared o condición de Dirichlet, en la salida se tiene descarga libre; luego, en la selección y configuración del algoritmo, se optó por SIMPLEC. Durante la segunda fase la simulación inicia y las ecuaciones de los modelos se resuelven iterativamente en cada nodo de la malla. En la tercera fase se hizo la configuración de la visualización de la solución, la toma y almacenamiento de los resultados necesarios para alimentar el modelo de análisis, y se procedió al análisis de resultados. Se repitió este procedimiento para tubos de media vuelta, una vuelta, vuelta y media y dos vueltas de flexionado en espiral helicoidal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la figura 2, se observan las proyecciones tangenciales de velocidad a (a) 180°, (b) 360°, (c) 540° y (d) 720°. Al principio es posible identificar los focos de los flujos secundarios descritos por (Minton 1970), pero al ir avanzando toman fuerza los torbellinos mencionados por (Zachár 2010). Nótese que, a partir de la primera vuelta, las variaciones en el perfil son mínimas, de donde puede sospecharse que el flujo se ha desarrollado completamente (no sufrirá variaciones transicionales) a partir de allí, para saberlo con certeza es necesario evaluar la transferencia de calor en cada geometría y verificar que el

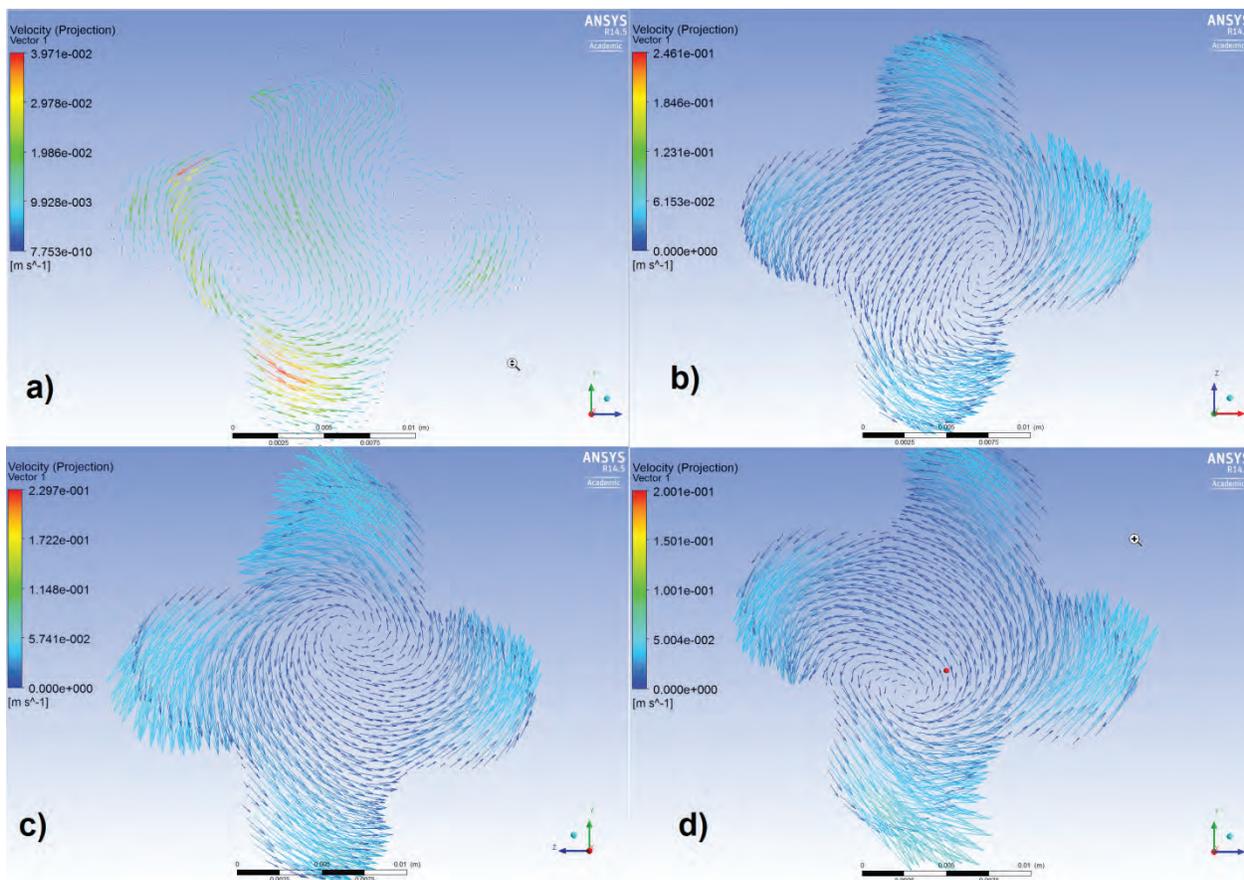


Figura 2. Proyecciones tangenciales de velocidad a la salida del tubo (a) 180°, (b) 360°, (c) 540° y (d) 720°.

intercambiador no varíe su potencial, el parámetro óptimo para hacer dicho estudio en el número de Nusselt.

CONCLUSIÓN

En el marco del proyecto de desarrollo numérico de correlaciones de transferencia de calor y caída de presión en intercambiadores de calor de tubo torsionado y en espiral helicoidal, que sean de utilidad para los ingenieros que diseñen dichos dispositivos, se quiere simular solamente la primera vuelta de los intercambiadores, pues representa una economía importante en tiempo y recursos de computo, al tener flujo completamente desarrollado y no variar los resultados a partir de allí, pero debe estudiarse el comportamiento del número de Nusselt para evaluar la incidencia de la longitud del intercambiador.

BIBLIOGRAFÍA

Ardila, J.G., J.A Casas y D.A Hincapié. 2013. Estudio de la incidencia del refinamiento de malla en el modelamiento numérico con ANSYS de intercambiadores de calor. Colección

De Resúmenes: Libro De Resúmenes De Los Trabajos Aceptados En El I Encuentro De Tecnología E Ingeniería & Ix Simposio Internacional En Energías, Noviembre: 4-6. Ardila, J.G. y D.A Hincapié. 2012. Intercambiadores de calor de tubo en espiral. UIS Ingenierías: 203-213. Aslam Bhutta, M.M, N. Hayat, M. Hassan Bashir, A. Rais Khan, K. Naveed Ahmad y S. Khan. 2012 CFD applications in various heat exchangers design: A review. Applied Thermal Engineering 32: 1-12. Minton, P 1970. Designing spiral tube heat exchangers. Chemical engineering 77, nº 11: 145-152. Shokouhmand, H., M.R. Salimpour y M.A Akhavan-Behabadi. 2008. Experimental investigation of shell and coiled tube heat exchangers using wilson plots. International Communications in Heat and Mass Transfer 35: 84-92. Tu, J., H. Yeoh y C. Liu. 2013 Computational Fluid Dynamics (second Edition). Elsevier. Zachár, A. 2010. Analysis of coiled-tube heat exchangers to improve heat transfer rate with spirally corrugated wall. International Journal of Heat and Mass Transfer 53: 3928-3939.

Antibacterial Activity of Green Tea and Broccoli Extracts Against *Campylobacter jejuni*

Actividad Antibacteriana de Extractos de Té verde y Brócoli Frente a *Campylobacter jejuni*

Jose Manuel Silvan¹, Raúl Domínguez-Perles², Micaela Carvajal³, Diego A. Moreno⁴, Cristina Garcia-Viguera⁵, Adolfo J. Martinez-Rodriguez⁶, Sonia de Pascual-Teresa⁷

¹ PhD, Departamento de Metabolismo y Nutrición, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN, CSIC), C/ Jose Antonio Nováis, 10 - 28040, Madrid, Spain. jm.silvan@csic.es

² PhD, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, CSIC), Campus Universitario de Espinardo - 30100, Espinardo, Murcia, Spain.

³ Profesora de Investigación, Departamento de Nutrición Vegetal, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, CSIC), Campus Universitario de Espinardo - 30100, Espinardo, Murcia, Spain.

⁴ Científico Titular, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, CSIC), Campus Universitario de Espinardo - 30100, Espinardo, Murcia, Spain.

⁵ Profesora de Investigación, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, CSIC), Campus Universitario de Espinardo - 30100, Espinardo, Murcia, Spain.

⁶ Científico Titular, Departamento de Biotecnología y Microbiología de los Alimentos, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL, CSIC-UAM), C/ Nicolás Cabrera, 9 - Campus de la Universidad Autónoma de Madrid - 28049, Madrid, Spain. adolfo.martinez@csic.es

⁷ Científico Titular, Departamento de Metabolismo y Nutrición, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN, CSIC), C/ Jose Antonio Nováis, 10 - 28040, Madrid, Spain.

s.depascualteresa@csic.es

Abstract. Using “natural green” plant extracts or their derived products in various food and beverage applications are an increasing trend in the food industry. Organic green tea, one of the most-consumed beverages worldwide, and broccoli are rich in bioactive compounds with healthy properties. In this study, the antibacterial activity of green tea and broccoli infusion extracts, and a mix of them were examined against *Campylobacter jejuni*, the most important causes of bacterial foodborne illness. Green tea infusion extract, enriched in phenolic compounds, mainly in catechins, showed a strong capacity to inhibit *Campylobacter* growth, while broccoli extracts with lower amount of phenolic compounds did not. The results obtained in the present work suggest that green tea extract could be potentially useful to inhibit the growth of *Campylobacter jejuni*.

Key words: antibacterial agent, catechin, phenolic compounds, plant extract

Resumen. El uso de extractos naturales de origen vegetal o de sus productos derivados en diferentes tipos de alimentos y bebidas, presenta una creciente tendencia en la industria alimentaria. El té verde orgánico, una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, y el brócoli, son alimentos ricos en compuestos bioactivos con propiedades saludables. En el presente estudio se examinó la potencial actividad antibacteriana de extractos de té verde y de brócoli y una mezcla de ambos frente a *Campylobacter jejuni*, principal patógeno bacteriano de transmisión alimentaria.

Los extractos de té verde presentaron un alto contenido en compuestos fenólicos, principalmente catequinas, mostrando una gran capacidad para inhibir el crecimiento de *Campylobacter*, mientras que los extractos de brócoli, con un menor contenido en compuestos fenólicos, no mostraron esta capacidad. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que el extracto de té verde podría ser potencialmente usado para inhibir el crecimiento de *Campylobacter jejuni*.

Palabras clave: Agente antibacteriano, catequina, compuestos fenólicos, extracto de la planta

INTRODUCTION

The healthy properties of green tea (*Camellia sinensis*) are linked closely to the phenolic compounds present in this traditional beverage (Vinson *et al.*, 2004). These properties regarding disease prevention have been attributed to the flavanols present in tea (mainly catechin, epicatechin, gallic acid, galloyl catechin, epigallocatechin gallate), that are potent natural antioxidants (Tester, 2003). In the context of health-promoting foods, broccoli (*Brassica oleracea*) is also considered a source of bioactive phytochemicals (Moreno *et al.*, 2006). In fact, the data available reveal broccoli to be a healthy food due to the beneficial biological effects of its phytochemicals (Boivin *et al.*, 2009). *Campylobacter* species are the leading cause of bacterial foodborne diarrheal illness worldwide (Ganan *et al.*, 2012) and today

is necessary to find alternative solutions to the use of antibiotics for controlling this pathogen. In this regard, there is a growing interest in the use of natural antibacterial compounds, like plant extracts rich in phenolic compounds, as food preservatives. However, there are no previous reports in the literature about the effect of green tea and broccoli extracts on *C. jejuni* and the phenolic compounds involved in it, in spite of its importance as a foodborne pathogen. In the present work, we report the investigation on the antibacterial activity of a green tea and broccoli extracts against *C. jejuni*, identifying the main phenolic compounds present in the extracts.

MATERIALS AND METHODS

Determination of phenolic compounds: Extracts were analyzed in a Waters HPLC system with a Luna C18 column (25 cm x 0.46 cm, 5 μ m particle size; Phenomenex, UK). The mobile phase was a mixture of water/trifluoroacetic acid (99.9:0.1, v/v) (A) and acetonitrile/trifluoroacetic acid (99.9:0.1, v/v) (B). The flow rate was 1 mL/min in a linear gradient, starting with 1% B for 5 min and reaching 17% B at 15 min; this was maintained for 2 min, before reaching 25% B at 22 min, 35% B at 30 min, 50% B at 35 min and 99% B at 40 min. The monitored compounds eluted off the column in 35 min. The chromatograms of phenolic compounds were recorded at 330 nm and quantified using external standards (Sigma-Aldrich, Spain). The chromatograms of catechins were recorded and quantified at 280 nm.

Bacterial strain, growth media, and culture conditions: *C. jejuni* LP1, strain of clinical origin, was provided by Hospital La Paz, Madrid. Liquid growth medium for *C. jejuni* consisted of Brucella Broth

(BB) and the agar plating medium consisted of Müeller-Hinton agar supplemented with 5% defibrinated sheep blood (MHB). *Campylobacter* was cultured under microaerophilic conditions (85% N₂, 10% CO₂, 5% O₂) using a Variable Atmosphere Incubator (VAIN) (MACS-VA500) at 42°C for 48 h.

Antibacterial activity: The antibacterial activity was analyzed by a qualitative method (Silvan *et al.*, 2013) to check the effect respect to the control growth (visual reduction of growth). The procedure was as follows: 1 mL of extracts infusion (10 mg/mL) was transferred into different flasks containing 4 mL of BB. Bacterial inocula (50 μ L with 1x10⁸ CFU/mL) were then inoculated into the flasks under aseptic conditions. All cultures were prepared in triplicate and incubated microaerobically at 42°C for 24 h (130 rpm) in the VAIN. Positive growth controls were prepared by transferring 1 mL of sterile water to 4 mL of BB and 50 μ L of bacterial inocula. After incubation, 20 μ L of the mixtures were plated onto fresh MHB agar and incubated microaerobically at 42°C.

RESULTS AND DISCUSSION

The content of total phenolic compounds in the prepared infusions was much higher in green tea (1276 \pm 206 mg/100 mL) than in broccoli (34 \pm 10 mg/100 mL) and mixed extracts (594 \pm 43 mg/100 mL) (Table 1). When the separate classes of phenolic compounds were analyzed, catechins in green tea extract and hydroxycinnamic acids in broccoli and mixed extract were the major compounds in accordance with previous studies (Balentine *et al.*, 2000; Jaiswal *et al.*, 2012). Green tea infusion showed higher

Table 1. Phenolic composition (mg/100 mL) of green tea, broccoli and mixed extracts infusions.

Phenolic compounds	Green tea	Broccoli	Green tea 50% Broccoli 50%
Hydroxycinnamic acids			
Chlorogenic acid derivates	8.7 \pm 2.3	24.7 \pm 3.9	38.5 \pm 0.9
Sinapic acid derivates	19.1 \pm 0.4	12.0 \pm 0.1	24.2 \pm 0.2
Flavonols			
Quercetin derivates	1.5 \pm 0.1	1.0 \pm 0.1	2.5 \pm 0.2
Kaempferol derivates	2.3 \pm 0.4	1.0 \pm 0.1	2.8 \pm 0.2
Catechins			
Epigallocatechin	140.6 \pm 28.8	0	72.0 \pm 2.4
Catechin	52.2 \pm 6.9	0	35.6 \pm 2.4
Epicatechin	140.9 \pm 19.9	0	75.7 \pm 3.1
Epigallocatechin gallate	911.8 \pm 112.4	0	40.3 \pm 0.9
Gallocatechin gallate	130.20 \pm 19.2	0	74.3 \pm 2.3
Epicatechin gallate	518.55 \pm 93.3	0	96.8 \pm 11.2
Catechin gallate	264.89 \pm 59.8	0	96.8 \pm 4.9
Total phenolics	1276.7 \pm 206.9	34.7 \pm 10.3	594.3 \pm 43.6

catechins contents than the mixed extracts, while in broccoli extracts catechins were not detected. Epigallocatechin gallate was the major catechin compound quantified in the green tea extract (Table 1). The use of broccoli with green tea added hydroxycinnamic acids and flavonols to the mixtures. In contrast, the mixed extracts infusion exhibited a reduction in the content of catechins in accordance with the reduced amount of green tea in the beverages. Antibacterial activity of the extracts against *C. jejuni* LP1 was qualitative evaluated. Green tea extract showed a total bactericidal effect at 2 mg/mL (Figure 1) tested after 24 h of treatment, demonstrating that the three main families of identified phenolic compounds in green tea (hydroxycinnamic acids, catechins, and flavonols) could be involved in the antibacterial activity against *C. jejuni*. Broccoli extract infusion enriched in hydroxycinnamic acids and flavonols (Table 1) showed no inhibitory activity at same concentration (2 mg/mL). Finally, mixed extract infusion consisted in green tea and broccoli (50:50) with higher amount of hydroxycinnamic acids and flavonols but lower amount of catechins than green tea showed a weakly antibacterial activity (Figure 1). These results suggest that catechins present in high amounts in green tea extract exhibit potent antibacterial activity. This activity may be due to the galloyl moiety present in their structures (Shimamura *et al.*, 2007).

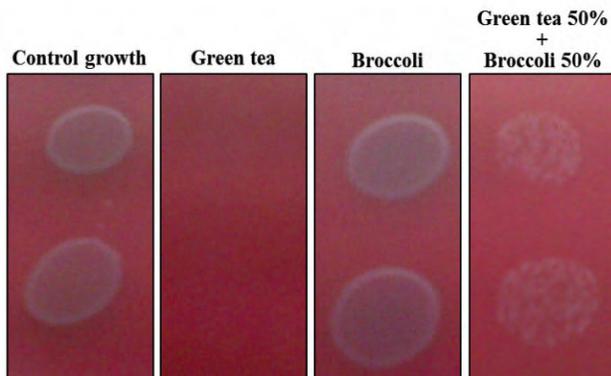


Figure 1. Antibacterial activity of green tea, broccoli and mixed extracts infusion against *C. jejuni* LP1.

CONCLUSIONS

In this work the green tea extract showed antibacterial activity against *C. jejuni*. Catechin compounds were the main responsible of the growth inhibitory effect of green tea infusion. This extract could be considered as a promising antibacterial agent potentially useful for the control of *Campylobacter*. Identification and quantification of the individual catechin compounds from green tea extracts could be useful to standardize the production process to obtain an enriched extract to inhibit *Campylobacter* growth.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was founded through Projects AGL 2009-07894 from the ALIBIRD-CM-P2009/AGR-1469 (Comunidad de Madrid) and CSD2007-00063FUN-C-FOOD (CONSOLIDER INGENIO 2010). J.M. Silvan thanks the JAE-Doc contract from CSIC. Part of this work was carried out in international research collaboration within the CYTED Program (Ref. 112RT0460) CORNUCOPIA Thematic Network (URL: redcornucopia.org).

BIBLIOGRAPHY

- Balentine, D.A. and I. Paetau-Robinson. 2000. Tea as a source of dietary antioxidants with a potential role in prevention of chronic diseases (pp 265–287). En: Mazza, G. and Oomah, B.D. (eds). Herbs, Botanicals, and Teas. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc., 2000.
- Boivin, D., S. Lamy, S. Lord-Dufour, J. Jackson, E. Beaulieu, M. Cote, *et al.* (2009). Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study. *Food Chemistry* 112(2): 374-380.
- Ganan, M., J.M. Silván, A.V. Carrascosa, and Martínez-Rodríguez. 2012. Alternative strategies to use antibiotics or chemical products for controlling *Campylobacter* in the food chain. *Food Control* 24: 6-14.
- Jaiswal, A.K., Abu-Ghannam, N., and S. Gupta. 2012. A comparative study on the polyphenolic content, antibacterial activity and antioxidant capacity of different solvent extracts of Brassica oleracea vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* 47(2): 223-231.
- Moreno, D.A., M. Carvajal, C. López-Berenguer and C. García-Viguera. 2006. Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41(5): 1508-1522.
- Shimamura, T., Zhao, W-H. and Z-Q Hu. (2007). Mechanism of action and potential for use of tea catechin as an anti-infective agent. *Anti-Infective Agents in Medicinal Chemistry* 6: 57-62.
- Silvan, J.M., Mingo, E., Hidalgo, M. de Pascual-Teresa, S., Carrascosa, A.V., and J.A. Martínez-Rodríguez (2013). Antibacterial activity of a grape seed extract and its fractions against *Campylobacter* spp. *Food Control* 29:25-31.
- Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5): 503-527.
- Vinson, J.A., Teufel, K., and N. Wu. 2004. Green and black teas inhibit atherosclerosis by lipid, antioxidant, and fibrinolytic mechanisms.

Extracción de Antioxidantes del Núcleo de mango a Partir de Diferentes Técnicas de Extracción

Antioxidants Extraction from Mango Kernel Using Different Extraction Techniques

Hugo Alexander Martínez- Correa^{1*}, Oscar Humberto Dorronsoro Guerrero¹,
William Franco Ballesteros¹, Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan¹,
Fernanda Marcela Cuaran Cuaichar¹, Manuel Alejandro Murillo Arango¹,
Uriel Fabián Pérez Chantre¹, Eliana Marcela Vélez Erazo¹
¹Semillero de investigación TECAINF

Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia –Sede Palmira
Carrera 32 N° 12-00, Chapinero, Vía Candelaria. Palmira, Colombia.

*Autores a quienes dirigir la correspondencia hamartinezco@unal.edu.do

Resumen. El objetivo del presente estudio fue comparar las técnicas de Extracción Asistidas por Microondas (EAM) y Ultrasonido (EAU) con la técnica convencional soxhlet para la extracción de fenoles totales (FT) y carotenoides en el núcleo de la semilla de mango. El núcleo se sometió a secado convectivo de 60 °C por 3,2 h, se redujo su tamaño para realizar las extracciones en una mezcla etanol-agua a relaciones de soluto-solvente 1/20 y 1/30 (g/mL) para cada técnica. Los resultados indican que la EAM presentó el mayor contenido de FT de 658 mg EAG/g, y EAU extrajo más contenido de carotenoides 847 μ g caroteno/g, aunque no hubo diferencia estadísticamente significativa con las otras técnicas. Se puede concluir que la técnica EAM es más eficiente para la extracción de FT, al igual que EAU para la extracción de carotenoides comparado a soxhlet, ya que requieren menos tiempo y cantidad de solvente para realizar las extracciones.

Palabras clave: Ultrasonido, microondas, soxhlet, fenoles totales, carotenoides.

Abstract. The aim of this study was to compare techniques of microwave-assisted extraction (MAE) and ultrasound (UAE) with the conventional technique Soxhlet extraction for total phenols (FT) and carotenes in mango kernel. Kernel was subjected to convective drying at 60 °C for 3.2 h, was reduced in size to perform extractions in an ethanol-water mixture in ratios of kernel/solvent 1/20 and 1/30 (g / mL) for each technique. The results indicate that MAE showed higher FT content of 658 mg EAG / g, and UAE techniques showed more extracted content of carotenes (μ g β carotene 847 / g) although there was no statistically significant difference with the other techniques. It could be conclude that the MAE is the most efficient techniques for extracting FT, as such as UAE for extracting β -carotene compared to Soxhlet, requiring both less time and amount of solvent for the extractions.

Keywords: Mango kernel, ultrasonic, microwave, soxhlet, total phenols, carotenes.

INTRODUCCIÓN

Entre el 20-60% del peso del mango son generados como subproductos en procesadoras de este fruto, los cuales son una fuente importante de ingredientes funcionales (Sogi *et al.*, 2013), como los antioxidantes, su aprovechamiento reduce el impacto al medio ambiente y pueden ser aplicados como conservantes en los alimentos (Azmir *et al.*, 2013). El objetivo del presente estudio fue compararlas técnicas de extracción asistidas por microondas (EAM) y ultrasonido (EAU) con la técnica convencional soxhlet para la extracción de fenoles totales (FT) y carotenoides en el núcleo de la semilla de mango (NSM).

MATERIALES Y MÉTODOS

El núcleo de la semilla de mango (NSM) (*Mangifera indica* L.) se extrajo de la semilla a partir del subproducto de una planta procesadora local de pulpa. Se realizó cortes de 0,9 cm³ al núcleo para someter a secado convectivo a una temperatura de 60°C de acuerdo a Sogi *et al.*, (2013) hasta humedad 12,7% (bh). Posterior a esto se redujo su tamaño de partícula y se seleccionó de 0,6 mm las que fueron almacenadas a -20°C.

En las extracciones fueron estudiadas el efecto de la relación solido/solvente de 1/20 (relación I) y 1/30 (g/mL) (relación II), empleando solución etanol-agua 1:1 como solvente; para soxhlet solo se realizó extracciones a 1/20 (g/mL). Las condiciones de EAU fueron: 20 min, 39,8 °C, 42Khz y potencia de 160 W. La EAM se realizó en 2 min, a 72,5 °C, 60 Khz y 675 W de potencia. Para Soxhlet el tiempo de extracción fue de 2 h. Luego los extractos se almacenaron a -20°C protegidos de la luz y el oxígeno. Los extractos fueron caracterizados en cuanto a: fenoles totales (FT) de acuerdo a Singleton y Rossi (1965) (mg EAG/g ms), carotenoides totales (CT) por espectrofotometría (Szydłowska *et al.*, 2011) a una medida de 450 nm y expresado en g caroteno/g materia seca. Para

cada una de tres extracciones fue calculado el rendimiento (g extracto/ g materia prima, %)

Todas las extracciones y las determinaciones analíticas fueron realizadas por triplicado, fue realizado un ANOVA con prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05 en el software SAS 9,3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción asistida por microondas presentó mayor cantidad de fenoles totales (FT) en 658 y 618 mg EAG/g para la relación I y II respectivamente comparadas a las otras técnicas (Figura 1). Aunque la relación I reporta mayor valor de FT ésta no presentó diferencia estadísticamente significativa con la relación II en la misma técnica al igual que con soxhlet, en cambio sí presentó diferencias significativas con EAU.

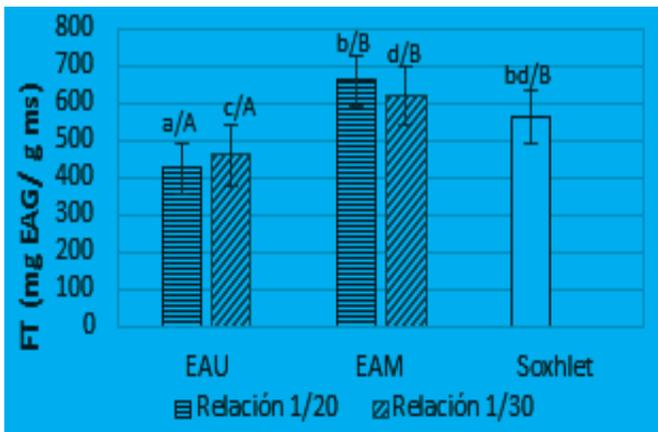
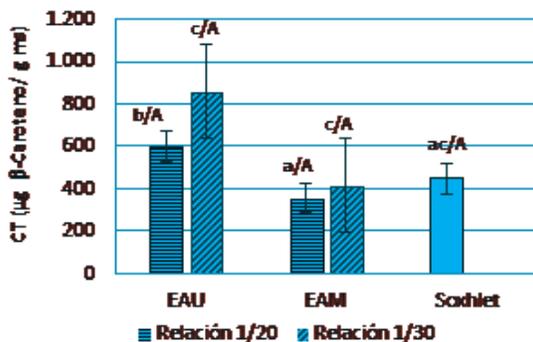


Figura 1. Resultados para Letras diferentes o combinadas denotan significancia ($P < 0,050$). Letras A y B compara entre técnicas. Letras a y b comparan entre técnicas para la relación 1, Letras c y d comparan entre técnicas para la relación 2



La extracción asistida por ultrasonido presentó mayor cantidad de carotenos en las dos relaciones, con un valor máximo de 847 gcaroteno/g en la relación I como se muestra en la figura 2-a, a pesar de que estadísticamente no presentó cambios significativos con respecto a las demás técnicas. Para EAU de la misma manera el rendimiento máximo se alcanzó en la relación I en un 26%, mientras que en EAM el cambio en la relación solido/solvente no afectó el rendimiento (20%) como se puede muestra en la figura 2-b.

La extracción más alta de fenoles totales en EAM se pudo presentar debido a que las ondas electromagnéticas afectan los dipolos del agua, aumentando la temperatura, lo que provoca la separación eficaz de los fenoles afines por lo que mejora el rendimiento de extracción (Azmir *et al.*, 2013). Para el caso de EAU la extracción de FT fue menor, en cambio el contenido de carotenoides fue mayor por lo que se puede dar a que esta molécula su sitio activo es en el citoplasma de la célula, y por la afinidad con el etanol se facilita su salida por difusión mientras que los FT podrían estar ligados algunos complejos requieren mayor energía para su liberación, condición que no se logra en EAU ya que en otros casos se considera una ventaja las bajas temperaturas que alcanza el proceso de sonicación (Feng *et al.*, 2011). Ante esta limitación de temperatura en algunos equipos se ha realizado la hibridación de la ultrasonificación con la técnica de soxhlet para la extracción de aceites esenciales en granos secos, reduciendo los tiempos de operación sin afectar la calidad (Djenni *et al.*, 2013). Otros estudios sustentan que las EAU y EAM son técnicas eficaces y dan ventajas en comparación al soxhlet debido a la reducción del tiempo de extracción. Eficiencia en la extracción y alta selectividad (Bandar *et al.*, 2013).

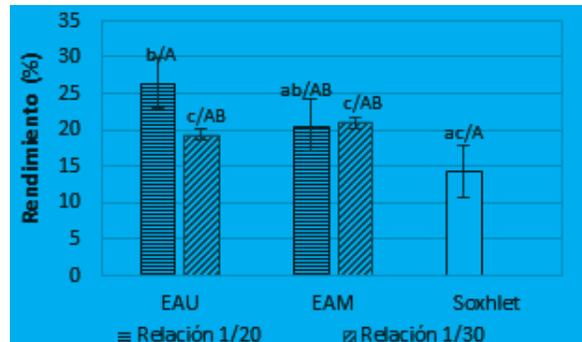


Figura 2. Resultados para Letras diferentes o combinadas denotan significancia ($P < 0,050$). Letras A y B compara entre técnicas. Letras a y b comparan entre técnicas para la relación 1, Letras c y d comparan entre técnicas para la relación 2

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la técnica EAM es más eficiente para la extracción de FT, al igual que EAU para la extracción de carotenoides comparado a soxhlet, ya que requieren menos tiempo y cantidad de solvente para realizar las extracciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la vicerrectoría de investigación (Programa Nacional de Semilleros de investigación, Creación e innovación de la Universidad Nacional de Colombia 2013-2015) por financiar este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Azmir, J., I.S.M. Zaidul, M.M. Rahman, K.M. Sharif, A. Mohamed, F. Sahena, M.H.A. Jahurul, K. Ghafoor, N.A.N. Norulaini and A.K.M. Omar. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 117: 426-436.
- Bandar, H., A. Hijazi, H. Rammal, A. Hachem, Z. Saad and B. Badram. 2013. Techniques for the extraction of bioactive compounds from Lebanese *Urtica dioica*. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*. 507-513.
- Djenni, Z., D. Pingret, T.J. Mason and F. Chemat. 2013. Sono-Soxhlet: In situ Ultrasound-Assisted Extraction of Food Products. *Food An. Methods*. 6: 1229-1233.
- Feng, H., G.V. Barbosa-Canovas and J. Weiss. 2011. *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. New York: Springer, pp. 575-579
- Singleton, V.L., and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenols with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16: 144-158.
- Szydowska-Czerniak, A., K. Trokowski, G. Karlovits, and E. Szytk. 2011. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. *Food Chemistry* 129(3) 1187-1192.
- Sogi DS, M. Siddiq, I. Greiby and K.D. Dolan. 2013. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food Chemistry* 141(3):2649-2655.

Efectos de la Pasteurización en las Propiedades Físicoquímicas del Queso Costeño

Effects of Pasteurization on the Physicochemical Properties of Costeño Cheese

Martha Ligia Ascencio Galván¹; José Gabriel Serpa Fajardo²; Tulia Pérez de la Ossa³.

¹ Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. marthaascencio45@gmail.com

² Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. Jose.serpa@unisucra.edu.co

³ Ingeniera en Producción Agroindustrial, M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. Tulia.perez32@gmail.com

Resumen. Este proyecto de investigación estudió efectos de la pasteurización de leche en las propiedades físicoquímicas del queso Costeño; empleando un diseño factorial de 3x3x2x2: tres niveles de pasteurización (63°C-30min, 73°C-15s y 83°C-1s.), tres tamaños de corte (1cm, 3cm y 5cm), dos pesos de prensado (6 y 18 veces el peso del queso) y dos tiempos de prensado (1 y 3h). El análisis microbiológico demostró que todos los tratamientos térmicos fueron eficientes en la reducción de la flora microbiana del queso costeño, sin diferencias significativas ($P > 0,05$). Los resultados demostraron que el pH del queso producido con leche pasteurizada fue mayor con respecto al pH del queso Costeño comercial después de 24 h de elaboración

y refrigerado a 4°C (6,65 vs. 5,47), mientras que la acidez presentó diferencia significativa debido al tratamiento térmico y tamaño de corte, obteniendo la menor acidez con una temperatura de 63°C-30min y un tamaño de corte de 5cm menor que la acidez promedio del queso Costeño comercial (0,43 vs. 0,70%). El contenido de proteína también presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al tratamiento térmico y al tamaño de corte, resultando mayor para una temperatura de 63°C-30min y un tamaño de corte de 5cm (7,15%). El contenido de materia grasa disminuyó para la temperatura de pasteurización de 83°C-1s y corte 5cm, resultando menor comparado con la grasa del queso Costeño comercial (14,5 vs. 24%). El porcentaje de sólidos

totales fue mayor para los quesos pasteurizados a 63°C-30min y corte 5 cm, este porcentaje es superior al del queso Costeño comercial (17,87% vs. 26%).

Palabras claves Tratamiento térmico, leche cruda, proteína, acidez, sólidos.

Abstract. *This research studied the effects of milk pasteurization on the physicochemical properties of Costeño cheese (traditional cheese from the Colombian Coast). A factorial design of 3x3x2x2 was conducted with three pasteurization treatments (63°C during 30min, 73°C during 15s and 83°C during 1s), three curdle cuts (1, 3 and 5 cm), two pressing times (1 and 3 h), and two pressing weights (6 and 18 times the cheese weight). Microbiological results demonstrated that all heat treatments were effective on reducing pathogens in the final product, with no significant differences ($P > 0.05$). The results demonstrated that pasteurization increased pH of the Costeño cheese compared to traditional cheese after 24 h stored at 4°C (6.65 vs. 5.47). However, the acidity showed a significant difference due to pasteurization and curdle size, with the lowest acidity using a treatment of 63°C - 30 min and a curdle cut of 5 cm compared to traditional cheese (0.43 vs. 0.70%). Similarly, protein content showed significant differences due to pasteurization and curdle cut, with a highest value with a treatment of 63°C - 30 min and a curdle cuts of 5 cm (7.15%). Fat content decreased with a treatment of 83°C - 1 s and a curdle size of 5 cm (14.5 vs. 24%) compared to traditional cheese. Additionally, total solids increased with a temperature of 63°C - 30 min and curdle size of 1 cm, this percentage is higher than that of the traditional cheese (17.87% vs. 26%).*

Key words: Thermal treatment, raw milk, proteins, acidity, total solids.

INTRODUCCIÓN

El Queso Costeño es un producto de gran importancia para la canasta familiar y la economía de la región Caribe Colombiana; es un tipo de queso fresco elaborado a partir de leche cruda, de consistencia semiblanda, posee un sabor neutro o ligeramente ácido, es de color blanco-amarillento (Hernández *et al.*, 2011).

En la actualidad el queso Costeño es elaborado con leche cruda a través de un proceso no estandarizado con una coagulación no controlada que genera un producto con características organolépticas y texturales no homogéneas y con una deficiente calidad microbiológica por su elevada carga microbiana (Hernández *et al.*, 2011; Chávez y Romero, 2006; Gallegos *et al.*, 2007).

Los tratamientos térmicos como la pasteurización permiten

la producción de quesos con calidad más uniforme (Poveda 2007). Sin embargo, el tratamiento térmico presenta desventajas debido a cambios en sabor, color y textura del producto (Barbosa y Bermúdez, 2010), otro estudio evidencia estos resultados. Así mismo, la pasteurización afecta el comportamiento de la leche durante el proceso de elaboración de queso, necesitando mayor tiempo de coagulación, un desuerado más lento y la formación de un coágulo débil con lo que se pierde mayor materia seca en el suero y la separación del lactosuero se hace más difícil. Estos efectos son proporcionales a la intensidad del tratamiento térmico (Sánchez, 2004; Galicia, 2005). Existe poca investigación en quesos frescos elaborados con leche pasteurizada (Sbodio *et al.*, 2010).

Este estudio tuvo como objetivo determinar los efectos de la pasteurización (temperatura-tiempo), tamaño de corte, peso y tiempo de prensado en las propiedades fisicoquímicas del queso Costeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de queso se elaboraron en la planta procesadora del SENA – Seccional Sucre y se analizaron en la Planta de Operaciones Unitarias de la Universidad de Sucre (Granja Los Pericos), donde se recibían las muestras refrigeradas (4°C) y se homogenizaban mediante la trituración y adición de agua en una relación de 1:10 (g/mL).

Se realizó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 3x3x2x2, con tres niveles de pasteurización (63°C-30min, 73°C-15s y 83°C-1s), tres tamaños de corte (1cm, 3cm y 5cm), dos pesos de prensado (6 y 18 veces el peso del queso) y dos tiempos de prensado (1 y 3h) con dos repeticiones. En cada uno de los tratamientos se determinaron recuentos microbiológicos (NTC 750), pH (NTC 399), Acidez (NTC 4978), Humedad (NTC 4086), Sólidos Totales (NTC 666), Proteínas (NTC 5025) y Grasa (NTC 4723). Los datos se analizaron con el Software R 2.9.1 versión libre, el nivel de significancia fue de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis microbiológico demostró que todos los tratamientos térmicos fueron eficientes en la reducción de la flora microbiana del queso costeño, sin diferencias significativas. Los recuentos de Coliformes Totales, E. Coli y salmonella detectados en el producto final fueron menores que los reportados por Hernández *et al.*, (2011), para el queso Costeño elaborado en forma tradicional con leche sin pasteurizar.

La interacción de los cuatro factores de relación temperatura-tiempo, tamaño de corte, peso y tiempo de prensado resultaron estadísticamente significativos para las variables pH, acidez y porcentaje de proteínas. La pasteurización y el tamaño de corte aumentó proporcionalmente el porcentaje de proteínas con respecto al queso costeño tradicional ($\mu=18,78\%$ vs. $19,35\%$), provocado por la desnaturalización de las proteínas del suero, las cuales se insolubilizan y precipitan junto con el agregado de caseínas (Morales, 2012). Igualmente la pasteurización a 63 y 73 °C generó un aumento en el pH (6,65 vs 5,47) y una disminución de la acidez (0,43% vs. 0,70%) con respecto al queso tradicional. Sin embargo, con una temperatura de 83°C y tamaño de corte de cuajada de 5cm se generó un aumento en la acidez del queso (0,83%). Estos resultados coinciden con los hallados por Nuala *et al.*, (2007) y Sbodio *et al.*, (2010), quienes demostraron que coágulos producidos a partir de leche pasteurizada a alta temperatura retienen un mayor porcentaje de suero comparado con quesos elaborados con leche cruda, incrementándose la lactosa en la cuajada, lo que provoca una mayor acidificación.

La humedad, los sólidos totales y el porcentaje de grasa del queso se ven influenciados por condiciones de pasteurización (temperatura-tiempo) y el tamaño de corte ($P < 0,05$). Con relación al queso costeño tradicional, la pasteurización aumentó el porcentaje de humedad en 12,69%, y produjo una disminución en los sólidos totales de 3,17%. Este efecto es directamente proporcional al tamaño de corte. Estos resultados son similares a los reportados por Everard *et al.*, (2008) y Ramírez *et al.*, (2011). La temperatura de pasteurización de 83°C generó en el queso una disminución en el porcentaje de grasa al aumentar el tamaño de corte (19,16% vs. 24%, $P < 0,05$) con relación al queso artesanal. Estos resultados concuerdan con Nuala *et al.*, (2007) y Mateo *et al.*, (2009).

CONCLUSIONES

Los efectos de la pasteurización en las propiedades fisicoquímicas del queso costeño son mayores conforme a la severidad del tratamiento térmico y al aumento del tamaño de corte de la cuajada. La temperatura de pasteurización de 83°C-1s. y tamaño de corte de cuajada de 5 cm aumenta significativamente los porcentajes de proteínas, humedad y acidez; mientras que disminuye los sólidos totales, el porcentaje de grasa y el pH del queso.

AGRADECIMIENTOS

Se confiere un especial agradecimiento al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación "COLCIENCIAS" por la financiación de este estudio. Al SENA seccional Sucre y a Colquesos S.A. por su participación activa como alianza estratégica para el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, G. y D. Bermúdez. 2010. Procesamiento no térmico de alimentos. *Scientia Agropecuaria* (1): 81-93.
- Everard, C.D., D.J. O'Callaghan, M.J. Mateo, C.P.O'Donnell, M. Castillo and F.A. Payne. 2008. Effects of Cutting Intensity and Stirring Speed on Syneresis and Curd Losses During Cheese Manufacture. *Journal of Dairy Science*. 7 (91): 2575-2582.
- Chávez A., E. Alex, R. Naranjo y A. Alfredo. 2006. Diagnóstico de las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del queso costeño producido en el municipio de Sincé – Sucre (Colombia). Trabajo de Grado Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Sucre. Sincelejo. 115 p.
- Galicia, J. 2005. Atributos sensoriales de algunos quesos menonitas producidos en la zona noroeste del estado de chihuahua. Tesis Magister en Ciencias. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. 112 p.
- Gallegos, J., G. Arrieta, S. Máttar, R. Poutou, A. Trespalcios y A. Carrascal. 2007. Frecuencia de *Listeria* ssp. en quesos colombianos Costeños. *MVZ Córdoba* (12): 996 – 1012.
- Hernández, F. *et al.* 2011. Caracterización y Diagnostico de la calidad higiénica, composicional y sanitaria del queso costeño a nivel de expendio, de forma estratificada en el departamento de Sucre. Hipertexto. Sincelejo-Sucre. 92 p.
- M.J., Mateo, C.D. Everard, C.C. Fagan, C.P O'Donnell, M. Castillo, F.A. Payne and D.J. O'Callaghan. 2009. Effect of milk fat concentration and gel firmness on syneresis during curd stirring in cheese-making. *International Dairy Journal* (19): 264–268.
- Morales, M., C. Lobato, J. Álvarez and E. Vernon. 2012. Effect of milk pasteurization and acidification method on the chemical composition and microstructure of a Mexican pasta filata cheese. *Food Science and Technology* (45): 132-141.
- Nuala, M., T. Beresford, L. Alan and T. Guínee. 2007. Effect of milk pasteurization temperature on age-related changes in lactose metabolism, pH and the growth of non-starter lactic acid bacteria in half-fat Cheddar cheese. *Food Chemistry* (100): 375–382.
- Poveda, J. 2007. Efecto de la utilización de distintos cultivos iniciadores en la proteólisis del queso manchego. Tesis Doctoral en Química. Facultad de ciencias químicas. Universidad de Castilla- La Mancha. Cuenca. 290 p.
- Ramírez, J., S. González y N. Sequeira. 2011. Queso Palmito: Originalmente costarricense. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. (68): 42 -49.
- Sánchez, C. 2004. Utilización de leche cruda versus pasteurizada en la elaboración de quesos. *Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP* (56).
- Sbodio, O.A., E.J. Tercero, M.S. Zannier y G.R. Revelli. 2010. Tratamiento Térmico de Leche: Influencia del pH y CaCl₂ en la Elaboración de Queso Cuartilero. *Información Tecnológica* (21): 107-116.

Efecto de la termosonicación sobre las propiedades microbiológicas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío.

*Thermosonication Effect on the Microbiological Properties of Edible Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Vacuum Packed Fresh.*

Yesenia Campo Vera¹ y Víctor Manuel Gélvez O²

¹. Profesor Auxiliar. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Francisco de Paula Santander - Sede Cúcuta
Facultad Agrarias y del Medio Ambiente – Departamento del Medio Ambiente. A.A. 01012,
Cúcuta, Colombia. yeseniadoc@iser.edu.co

². Vicerrector Académico. Universidad de Pamplona – Sede Pamplona – A.A. 111321,
Pamplona, Colombia. <vmgelvez@gmail.com>

Resumen. El ultrasonido (US) es una tecnología emergente que recientemente ha sido estudiada para propósitos de inactivación microbiana y enzimática, durante años ha sido objeto de investigación, especialmente en el área de control de calidad en la industria de los alimentos. Por lo que el objetivo de la investigación fue de evaluar el efecto del US sobre las características microbiológicas del hongo *Pleurotus ostreatus*, para lo cual se empacaron muestras en bolsas de polietileno de baja densidad con un vacío del 60 % y se trataron a 40 KHz a diferentes temperatura 20, 40 y 60 °C durante 10, 20 y 30 minutos; determinando cambios significativos en la disminución de la carga microbiana comparada con las muestras frescas; debido probablemente al efecto bactericida del US causado por la cavitación.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, ultrasonido, *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Abstract. Ultrasound (US) is an emergent technology that recently has been studied for intentions of microbial and enzymatical unactivation, for years it has been object of investigation, especially in the area of quality control in the industry of the food. The aim of this research was evaluating the effect of the US on the microbiological characteristics of the mushroom *Pleurotus ostreatus*, for which samples were packed in low density polyethylene bags with a vacuum of 60 % and 20, 40 and 60 treated each other to 40 KHz to different temperature °C during 10, 20 and 30 minutes; determining significant changes in the decrease of the microbial load compared with the fresh samples; owed probably to the bactericidal effect of the US caused by the cavitación.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, ultrasound, *Escherichia coli*, *Salmonella spp* and *Pseudomonas aeruginosa*.

INTRODUCCIÓN

El US de alta intensidad tiene un efecto destructivo sobre las paredes y membranas biológicas, por lo cual se constituye una

tecnología potencial para la reducción de carga microbiana a temperaturas de procesamiento inferiores a las utilizadas en durante la pasteurización y esterilización (Mejía, 2012; Wrigley *et al.*, 1992 y Ordoñez, 1987). El objetivo de este trabajo fue establecer el efecto de los tratamiento con US (40KHz) a diferentes temperaturas (20, 40 y 60 °C) durante (20, 40 y 30 minutos) sobre las propiedades microbiológicas (*Escherichia coli*, aerobios mesófilos, Mohos y levadura, *Salmonella spp*, y *Pseudomonas aeruginosa*) del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* fresco empacado al vacío, almacenado bajo condiciones de refrigeración (5±2°C/15 días).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Pamplona, ubicada en Pamplona (Norte de Santander).

Material Vegetal: El material vegetal empleado fue el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* fresco.

Preparación de la materia prima: Se tomaron 100 gramos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, para ser empacados al vacío (60 %) en bolsas de polietileno de baja densidad.

Tratamiento con US: Se empleó un equipo Branson 1510 (40 KHz) y como medio de transmisión agua desionizada, el tratamiento de US se llevó a cabo a temperatura de 20, 40 y 60 °C, durante 10, 20 y 30 minutos, dando lugar a nueve tratamientos diferentes de ultrasonido. Las muestras se guardaron en refrigeración (5±2 °C) hasta su posterior análisis, que serán realizados en los días 1, 6, 12 y 15 tras el almacenamiento.

Evaluación microbiológica. A todas las muestras tratadas y no tratadas con US se les realizaron los siguientes análisis microbiológicos (análisis por triplicado): Recuento total de Aerobios mesófilos, Recuento de *Salmonella spp* (Parentelli

et al., 2007), Recuento *Escherichia coli*, Recuento de mohos y levaduras (Sermkiattipong *et al.*, 2002) y Recuento de *Pseudomonas aeruginosa* (AOAC, 1990).

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron tratados estadísticamente a través de análisis normal de varianza (ANOVA) y con el fin de discernir mejor los resultados se utilizó la prueba post hoc de Diferencias Mínimas Significativas (DMS). Paquete de software estadístico SPSS versión 13.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La carga de microorganismos tuvo un descenso significativo en las muestras tratadas con US, para la bacteria *Escherichia coli* se obtuvo un incremento del 100% con respecto a las muestras frescas y no se tuvo presencia de *Salmonella spp* y *Pseudomonas aeruginosa*, de igual manera los recuentos realizados para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, mostrando que los valores más altos se encontraron en las muestras frescas, disminuyendo significativamente en casi un 50 a 60 % al ser tratadas con ultrasonido (Figura 1).

Las hortalizas frescas y crudas, presentan típicamente un alto contenido de agua y nutrientes y un pH aproximadamente neutro, estas características las hacen aptas para el crecimiento de casi cualquier tipo de microorganismos, usualmente son las bacterias Gram negativas las que se aíslan a partir de estos

productos los géneros más frecuentes incluyen *Pseudomonas*, *Erwinia* y *Enterobacter*. Sin embargo, bacterias Gram positivas tales como *Bacillus* y coliformes también se encuentran asiduamente (Viña y Chaves, 2003). El deterioro durante el almacenamiento puede ser causado por bacterias, hongos y enzimas que continúan aumentando durante el almacenamiento en frío y este es más severo si no se tiene en condiciones adecuadas de conservación (Cano *et al.*, 2005).

El comportamiento de las muestras tratadas con US se puede deber al efecto citolítico, que causa la ruptura celular afectando de esta manera la permeabilidad de la célula y la pérdida de los contenidos intracelulares y el citosol, lo que conlleva a la inactivación y lisis bacteriana (Mejía, 2012; Cameron *et al.*, 2008; Valero *et al.*, 2004). Además, al efecto bactericida del US causado por la cavitación del agua y a la generación de radicales libres de hidrógeno H⁺ e hidroxilo OH⁻ por las altas temperaturas y presiones generadas durante el colapso de las burbujas. Dichos radicales, por ser muy reactivos, crean daños oxidativos responsables de la inactivación microbiana (Cameron *et al.*, 2008; Jayasooriya *et al.*, 2007; Gelvez *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2004 y Hoover, 1997).

El ANOVA un factor muestra que los recuentos tanto de Aerobios mesófilos, mohos y levaduras presentan diferencias significativas al 95 % entre las muestras tratadas y no con US. Conforme a la prueba de LDS, los recuentos de estos análisis muestran que para Aerobios mesófilos se divide en 59 grupos y para mohos y levaduras se divide en 54 grupos heterogéneos con diferencias significativas.

CONCLUSIÓN

El tratamiento con US más eficiente para conservar las características del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío durante los 15 días de almacenamiento a 4 °C, fue el uso de 40 KHz a una temperatura de 40 °C, ya que mantuvo en sus diferentes tiempos de exposición (10, 20 y 30 minutos) las propiedades de las muestras tratadas muy semejantes a las frescas.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, I., P. Mañas, J. Sala and S. Condón. 2004. Inactivation of *Salmonella enterica* serovar enteritidis by ultrasonic waves under pressure at different water activities. *Applied and Environmental Microbiology* 69(1): 668-672.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemistry. 15th Ed, Arlington, Virginia-USA. pp. 931-935.
- Cano, P., B. Ancos y C. Sánchez. 2005. Altas presiones, nuevas alternativas para la mejora de la calidad y seguridad en vegetales frescos cortados. Nuevas tecnologías de

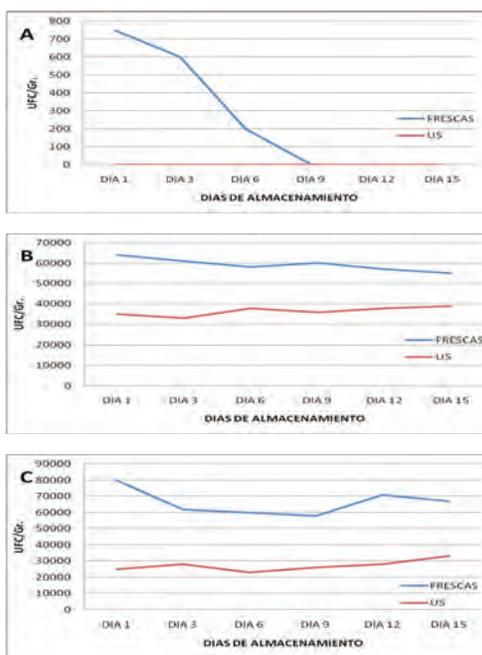


Figura 1. Efecto del US (40KHz/40 °C/30min.) en (A) *Escherichia coli*. (B) Aerobios Mesófilos. (C) Mohos y levaduras.

- conservación y envases. pp. 1-9.
- Cameron, M., L. McMaster and T. Britz. 2009. Electron microscopic analysis of dairy microbes inactivated by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15:960-964.
- Gelvez, V., A. Pereira, D. Ramón y L. Sandoval. 2006. Efectos del ultrasonido en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de pollo empacada al vacío. *@limentech* (4): 74-79.
- Hoover, D. 1997. Minimally processed fruits and vegetables: Reducing microbial load by nonthermal physical treatments. *Food Technol.* (51): 66-71.
- Jayasooriya, S., P. Torley, B. darcy and B. Bhandari. 2007. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscle. *Meat science* 75(4): 628-639.
- Mejía, A. 2012. Evaluación del efecto de factores intrínsecos de una matriz líquida sobre la inactivación microbiana mediante la aplicación de US de alta intensidad. Universidad la Sabana. Bogotá. 24-50.
- Ordoñez, J., M. Aguilera, M. Garcías and B. Sanz. 1987. Effect of combined ultrasonic and heat treatment on the survival of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Dairy Science*, 54:61-67.
- Parentelli, C., G. Ares, M. Corona, C. Lareo, A. Gambado, M. Soubes and P. Lema. 2007. Sensory and microbiological quality of Shiiteke mushrooms in modified atmosphere packages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (87). pp. 1645-16
- Roble, L. y L. Ochoa. 2012. Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. México. vol. 13 (2): 109-122.
- Sermkiattipong, N., S. Jetawattana and C. Banditsing. 2002. Upgrading of Agro-wastes to Straw Mushroom by Radiation. Bangkok, Thailand (in Thai). pp. 1-12.
- Valero, M., N. Recrosio, D. Saura, N. Muñoz, N. Marti and V. Lizama. 2004. Effect of ultrasound treatments in orange juice processing. *Food Chemistry* (49): 482-489.
- Wrigley, D. 1992. Decrease of *Salmonella typhimurium* in skim milk and egg by heat and ultrasonic wave treatment. *Journal of Food Protection*, 55:678 – 680.
- Viña, S. y A. Chaves. 2003. Tecnologías Aptas para la Conservación de Hortalizas Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos Facultad de Ciencias Exactas, UNLPCONICET. pp. 37-41.

Desarrollo de Módulo Piloto Para Tratamiento de Lactosuero Residual, Aplicando el Método de Osmosis Inversa

Module pilot development for treatment of whey residual, applying the reverse osmosis method

Diana Maria Granda Restrepo¹; Luis Danilo Porras Barrientos²;

Oscar Albeiro Quintero Cardona³; Jhon Milciades Morales Castro⁴

¹ Profesora Asociada, Facultad de Química Farmacéutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación Biotecnología de Alimentos (BIOALI), A.A 1226, Medellín, Colombia, dianamgranda@gmail.com

² Ingeniero de Alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, lporras1025@gmail.com

³ Ingeniero de Alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, oscarquintero88@hotmail.com

⁴ Estudiante de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Departamento de Alimentos, Universidad de Antioquia, jhonmorales1@gmail.com

Resumen. En la presente investigación se diseñó un módulo piloto para tratamiento de lactosuero residual por osmosis inversa. La metodología incluyó una aplicación de cálculos basados en el modelo de solución-difusión descritos por Albert Ibarz y Gustavo Cánovas. Los resultados alcanzados fueron: 2,1616m², 0,0123 L/(m².s), 3,3667W equivalentes al área de membrana (Am), densidad de flujo (JD), y potencia de bombeo (P) respectivamente. El equipo está conformado por una membrana de poliamida de 0,0960m de alto, 0,9650m de longitud, 0,0211m de cilindro interno y área

activa total de diseño de 7,4m², con carcasa AINOX 304 con espesor de 0,002m, de 0,1016m de diámetro y 1,2m de longitud, para tratar suero dulce a 10°C con pH entre 5,8-6,6 previamente filtrado con maya mesh 80, pasterizado y centrifugado a 6000 rpm para ser enviado al módulo de osmosis inversa cuya presión de trabajo es de 600 PSI. Con la metodología de diseño utilizada, se logró desarrollar un sistema piloto para tratamiento del lactosuero residual por el método de Osmosis inversa, el cual cumple con las condiciones técnicas y operacionales para este tipo de sistemas.

Palabras clave: Diseño de equipo, membranas, suero, filtración.

Abstract. In the present research a pilot module for treatment of residual whey by reverse osmosis was designed. The methodology was performed using a design based in calculations of the solution-diffusion model described by Albert Ibarz and Gustavo Canovas. The results achieved were: 2.1616 m², 0.0123 L/(m².s), 3.3667 W equivalent to membrane area (A_m), flow density (J_D), and pumping power (P) respectively. The team is made up of a polyamide membrane 0.0960 m high, 0.9650 m long, 0.0211 m internal cylinder and design total active area of 7.4 m², with housing AINOX 304 m thickness of 0.002 m, of 0.1016 m in diameter and 1.2 m in length, for treating fresh serum at 10°C with a pH of 5.8-6.6, previously filtered with 80 mesh Maya, pasteurized and centrifuged at 6000 rpm to be sent to the reverse osmosis module whose working pressure is 600 PSI. With the design methodology used, it was possible to develop a pilot system for treatment of residual whey by the method of reverse osmosis, which complies with technical and operational conditions necessary for such systems.

Key words: Equipment design, membranes, whey, filtration.

INTRODUCCIÓN

El suero de la leche es producido en grandes cantidades a nivel mundial. Según reportes de FEDEGAN en Colombia en el año 2006 se generaron 921.672 millones de litros, convirtiéndose en uno de los principales residuos de la industria láctea (Boumba *et al.*, 2001; Parra, 2009). Es definido como un líquido remanente tras la precipitación y separación de la caseína durante la elaboración del queso. Representa alrededor del 85%-90% del volumen de la leche, cuyos componentes principales como la lactosa, calcio, sales minerales y proteínas lacto-séricas son retenidas en un 55% (González, 1996), (Sánchez *et al.*, 2009), (Liu *et al.*, 2005).

Existen varios tipos de lactosuero, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína (Jelen, 2003). Actualmente se le visualiza como una materia prima que como un desecho, donde el mayor esfuerzo se centra en la recuperación de las proteínas y vitaminas (Chacón, 2006). Los productos de suero mejoran la textura, realzan el sabor y color, presentan características de emulsificantes y estabilizantes, mejoran las propiedades de flujo, entre varias otras propiedades tecnofuncionales, lo que posibilita incrementar con éste, la calidad de muchos productos alimenticios (Fox, 2001; Candiotti *et al.*, 2001). Dado a sus grandes aplicaciones en la industria se han desarrollado diferentes técnicas para el aprovechamiento de los componentes del lactosuero, las cuales se

basan en el empleo de membranas que permiten la concentración y el fraccionamiento de estos, debido a que todos sus componentes tienen entre ellos una diferencia de tamaños macromoleculares significativa, lo que permite fraccionarlos con estos métodos mecánicos. Dichas metodologías poseen ventajas como son una mínima desnaturalización de las proteínas, una alternativa para la disminución de la demanda biológica y química en las plantas de tratamiento, además de ser fuente de obtención de constituyentes de mayor importancia comercial para la elaboración de derivados lácteos (Muñí *et al.*, 2005), (Riquelme, 2010), (Chollangi *et al.*, 2007). Dentro de estas tecnologías, se destaca la Osmosis Inversa (OI), en la cual la retención selectiva de moléculas de bajo peso molecular a altas presiones de trabajo se lleva a cabo (Ibarz, *et al.*, 2005). El objetivo de este trabajo fue diseñar un sistema piloto para tratamiento del lactosuero residual por Osmosis inversa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del módulo piloto se basó en el modelo de solución-difusión aplicando los cálculos descritos por (Ibarz *et al.*, 2005); el cual no contempla los posibles efectos de la capa de polarización que puede presentar la membrana. Aunque el sistema puede presentar dicho fenómeno por la concentración de sólidos presentes en el suero, este modelo permite obtener una aproximación más cercana a las condiciones óptimas de operación de la presión transmembrana y la velocidad de circulación de alimentación. Los cálculos se basaron en la aplicación de las siguientes ecuaciones:

Parámetro	Ecuación
Balances de masa global y de componentes	$F = P + S$ $FC_0 = PC_p + SC_s$
Determinación de la Presión Osmótica	$\pi = i C_c R T$
Determinación de la densidad de flujo	$J_D = A (\Delta P - \Delta \pi)$
Determinación del área de la membrana	$A_m = \frac{P}{J_D}$

Dónde:

F: Flujo de alimentación.

P: Flujo de Permeado.

S: Flujo de Retención.

C₀: Concentración de alimentación.

C_p: Concentración de permeado.

C_s: Concentración de retención.

i: Numero de iones para solutos ionizables.

C_c: Concentración media del retenido.

R: Constante universal de los gases.

T: Temperatura del componente.

A: Coeficiente de permeabilidad de la membrana al agua.

Presión diferencial.

Presión Osmótica.

P: Flujo de Permeado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El módulo de Osmosis Inversa dimensionado se conformó de una membrana polimérica de poliamida en configuración espiral Marca Filmtec® (DOW RO-3838/30-FF) de 0,0960m de alto, 0,9650 m de longitud, 0,0211 m de cilindro interno y área activa total de diseño de 7,4 m², con carcasa ainox 304 con espesor de 0,002 m, de 0,1016 m de diámetro y 1,2 m de longitud. Por su parte, el prototipo se diseñó con un tanque de acero inoxidable tipo 304 calibre 16 de 20 litros de capacidad, el cual se definió para colocar la muestra de suero en el equipo, previamente filtrado (maya de acero inoxidable tipo 304 mesh 80), pasteurizado (72°C por 15s) y centrifugado (6000 rpm) y bombeado al módulo de osmosis inversa con una presión de trabajo de 600 PSI (Ibarz et al, 2005). A la entrada del módulo de Osmosis Inversa se dispone de un manómetro analógico y un sensor de presión tipo T Marca SIEMENS® que permite medir la presión del sistema; al igual de una válvula tipo aguja para regular la presión cuando esta se ha alcanzado o se ha sobrepasado. Dicha configuración se observa en la Figura 1. En la Tabla 1 se observan los parámetros de la Densidad de flujo (JD), Área de membrana (Am) y Potencia de Bombeo (P) del sistema de Osmosis Inversa los cuales sintetizan el resultado final de proceso de todo el procedimiento de cálculo.

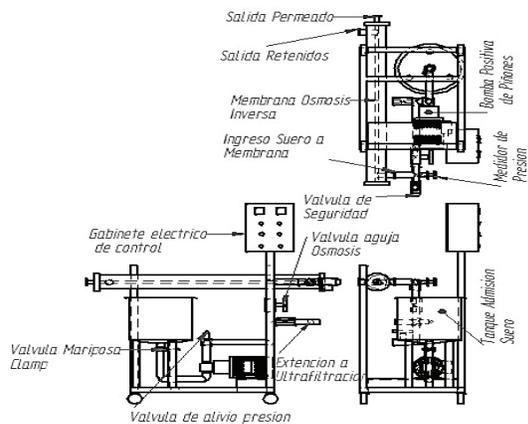


Figura 1. Vista Prototipo de Osmosis Inversa.

Tabla 1. Parámetros del sistema de Osmosis Inversa

Parámetro	Resultado
Densidad de Flujo (l/m ² .s)	0,0123
Área de Membrana (m ²)	2,1616
Potencia de Bombeo (W)	3,3667

CONCLUSION

El diseño de un sistema piloto para el tratamiento del lactosuero

residual por el método de osmosis inversa fue elaborado, el cual es uno de los métodos de filtración usados actualmente en la industria láctea para mejorar procesos tecnológicos, ambientales y productivos.

AGRADECIMIENTOS

Fondo de Innovación Programa Gestión Tecnológica y Grupo de Investigación BIOALI U de A.

BIBLIOGRAFÍA

- Candioti, M., C. Zalazar, C. Meinardi and E. Hynes. 2001. Susceptibility of whey proteins to the action of commercial proteases used in food processing. *The Australian Journal of Dairy Technology* 56: 35-37.
- Boumba, V., L. Voutsinas and C. Philippopoulos. 2001. Composition and nutritional value of commercial dried whey products from feta cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology* 54 (4):141-145.
- Chacón, A. 2006. Tecnologías de membranas en la agroindustria láctea. *Agronomía Mesoamericana* 17 (2): 243-264.
- Chollangi, A. and M. Hossain. 2007. Separation of proteins and lactose from dairy wastewater. *Chemical Engineering and Processing* 46(5): 398-404.
- Fox, F. 2001. Milk proteins as food ingredients. *International Journal of Dairy Technology*. 54(2):41-55.
- González, I. 1996. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource Technology*. 57:(1):1-11.
- Ibarz, AyG. Cánovas. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 865p.
- Jelen, P. 2003. Whey processing. Utilization and Products. In: H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, UK. 2739-2745.
- Liu, X., Y. Chung, S. Yang and A. Yousef. 2005. Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Journal Process Biochemistry* 40:(1) 13-24.
- Muñi, A., G. Páez, J. Faria., J. Ferrer y E. Ramones. 2005. Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista científica*.15: (4). 361-367.
- Parra, R. 2009. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín 62(1): 4967-4982.
- Riquelme, L. 2010. Desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir de lactosuero. Tesis de grado. [Internet]. [Acceso el 15 de Febrero del 2014]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2789/1/107412.2010.pdf>
- Sánchez, G., M. Gil, A. Gil, F. Giraldo, L. Millán y M. Villada. 2009. Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante microorganismos eficientes. *Producción + Limpia*. 4: (2). 65-74.

Cambios en la Clorofila y Color Superficial Durante el Almacenamiento en Aguacate Mínimamente Procesado

Changes in Chlorophyll and Surface Color During Storage in Minimally Processed Avocado

Luis Eduardo Ordoñez-Santos¹; July Alexandra Campo-Velasco²; Johana Katherine Loaiza-De La Pava³

Resumen. El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en la concentración de clorofila y el color superficial en aguacate mínimamente procesado. Rodajas de aguacate de 11cm de longitud y un espesor de 1 cm se sometieron a soluciones de cisteína, ácido ascórbico y ácido cítrico al 0,2%, y empaque al vacío, se almacenaron

durante 6 días (7°C y 95% HR). A las muestras se les determinó la clorofila total por espectrofotometría y color superficial utilizando un colorímetro Minolta CR-400 que permitió medir las coordenadas CIElab. El tiempo de almacenamiento reduce significativamente ($p < 0,01$) la concentración de clorofila, mientras que el valor de cromaticidad es mayor significativamente ($p < 0,01$) en las muestras tratadas al vacío. Las rodajas de aguacate sometidas a vacío, es el mejor tratamiento de los evaluados ya que describen los niveles más altos de clorofila y cromaticidad.

Palabras clave: pH, acidez, porcentaje de humedad, tono, luminosidad

Abstract. The aim of this study was to assess changes in chlorophyll concentration in the surface color and minimally processed avocado. Avocado slices length of 11cm and a thickness of 1 cm were subjected to solutions of cysteine, ascorbic acid and 0.2% citric acid, and vacuum packaging, were stored for 6 days (7 °C and 95% RH). The samples were analyzed for total chlorophyll and surface color by spectrophotometry using a Minolta CR-400 which allowed measuring coordinates CIElab. The storage time reduced significantly ($p < 0.01$) concentration of chlorophyll, whereas the chromaticity value is significantly larger ($p < 0.01$) in samples treated under vacuum. Avocado slices under vacuum are the best treatment of the evaluated, as they describe the highest levels of chlorophyll and chromaticity.

Key words: pH, acidity, moisture, tone, luminosity

1 Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. leordonezs@unal.edu.co

2 Estudiante de Maestría de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. jacampov@unal.edu.co

3 Estudiante de Maestría de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. Asistente de Investigación Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego-FLAR-CIAT. j.k.loaiza@cgiar.org

INTRODUCCIÓN

El color es el primer factor de la calidad que guía el consumidor para adquirir productos derivados de aguacate (Persea americana Mill.), las clorofilas, carotenoides y antocianinas son los pigmentos responsables de este

atributo de calidad en la pulpa de aguacate (Asthon *et al.*, 2006). Este importante parámetro sensorial, se ve afectado durante la producción de productos mínimamente procesados, principalmente por la degradación oxidativa de los pigmentos y la acción de la enzima polifeniloxidasas (PPO). Diversos trabajos han abordado esta problemática en la conservación de fruto de aguacate cortados (Elez-Martínez *et al.*, 2005, Wang *et al.*, 2010 y Henríquez *et al.*, 2012), sin embargo aún se hace necesario adelantar investigaciones que permitan la preservación de los atributos de color del aguacate cortado para asegurar su manejo, distribución y venta, en consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios en la concentración de clorofila y el color superficial en aguacate mínimamente procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de Aguacate variedad "Lorena", en estado de madurez organoléptica fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 1,0% con un pH 7.0 durante 10 min, se extrajo la pulpa en rodajas de 11cm de longitud y un espesor de 1cm. Las rodajas se sometieron a

los tratamientos de: cisteína, solución de ácido ascórbico y ácido cítrico al 0,2%, empaque al vacío, y un control. Las muestras se empacaron en bandejas de poliestireno expandido de tamaño 13cm² (3 rodajas/bandeja), con un revestimiento de film de PVC, y se almacenaron durante 6 días a 7°C y 95% HR, la evaluación de las muestras se realizaron cada dos días. Los parámetros evaluados correspondieron a porcentaje humedad AOAC 930.04, 1995, pH y acidez expresada en % ácido cítrico NTC 4592 y 4623, respectivamente. La concentración de clorofila total ($\mu\text{g/g}$ de pulpa) se cuantificó espectrofotométricamente a 646 y 663 nm en una solución de acetona al 80% (Lichtenthaler y Wellburn, 1983). El color superficial se determinaron en un colorímetro Minolta CR-400 (D65, 2°, Y=89,5; x=0,3176; y=0,3347), y se estimó la saturación C= $[(a^2+b^2)]^{0.5}$, y el tono h= $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. Todas las evaluaciones se realizaron por duplicado. El análisis estadístico fue un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (4x4), donde los factores de estudio fueron el tipo de conservación (ácidos, cisteína, vacío y control) y tiempo de almacenamiento 0, 2, 4 y 6 días y cinco repeticiones por tratamiento fueron llevados a cabo. Se efectuó un

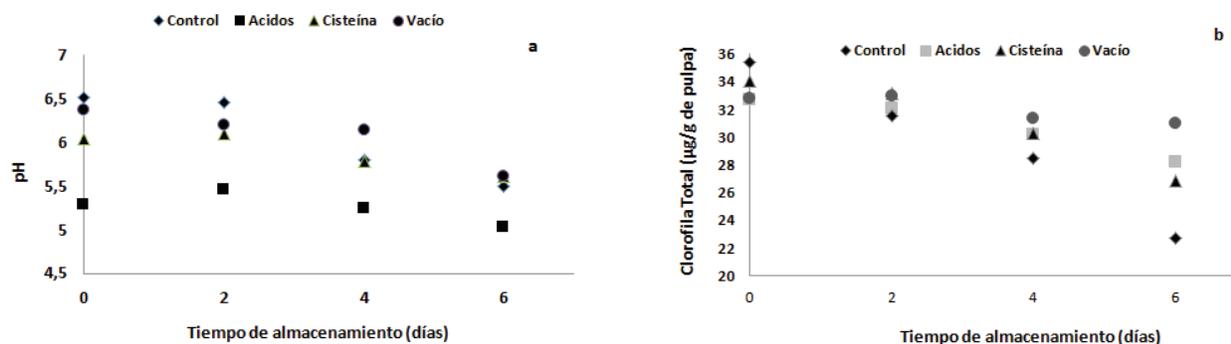


Figura 1, cambios del pH (a) y concentración de clorofila (b) de aguacate mínimamente procesado almacenado a 7 °C

análisis de ANOVA y la prueba de Tukey. Todos los análisis se realizaron bajo el software SPSS para Windows v.18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de aguacate mínimamente procesados reportan inicialmente valores medios de Humedad = $78,30 \pm 2,72\%$, pH = $6,52 \pm 0,22$, Acidez = $0,05 \pm 0,01\%$ de ácido cítrico, concentración de clorofila total = $35,44 \mu\text{g/g}$ pulpa, L = $69,65 \pm 2,36$, C = $43,52 \pm 0,69$, y h = $149,01 \pm 41,88$. La humedad, pH y acidez obtenidos en el presente trabajo concuerdan con los registrados por (Elez-Martínez *et al.*,

2005). La concentración de clorofila total, superan a los valores reportados por (Wang *et al.*, 2010) que evaluaron este pigmento en pulpa de aguacate ($28,70 \mu\text{g/g}$ de pulpa). El color superficial en las muestras evaluados en el presente trabajo es mayor a los valores registradas previamente por (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011) quienes obtienen valores de L (24,35-33,37), C (6,81-22,08) y h (77,72-122,85). Respecto a los tratamientos de conservación y el tiempo de almacenamiento, el análisis de ANOVA indica que el tiempo solo afectó significativamente

para evaluar los cambios en los carotenoides y la actividad de la enzima polifeniloxidasa en este tipo de producto.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 1995. Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists 10th Edition VOL.II Washington, DC, U.S.A.
- Asthon, O., M. Wong, T.K. Mcghie, R. Vather, Y. Wang, C. Requejo-Jackman, P.Ramankutty and A.B. Woolf. 2006. Pigments in Avocado Tissue and Oil. *Agricultural and Food Chemistry* 54(26): 10151-10158.
- Elez-Martinez P, R.C. Soliva-Fortuny, S. Gorinstein, and O. Martin-Belloso. 2005. Natural Antioxidants Preserve the Lipid Oxidative Stability of Minimally Processed Avocado Purée. *Food Science* 70(5): S325-S329.
- Henríquez, L., J. Patiño, and J. Salazar. 2012. Application of the matrixes engineering on the development of minimally processed Hass avocado (*Persea americana* Mill) with additions of vitamin C and calcium. *Revista Lasallista de investigación* 9(2): 44-54.
- Lichtenthaler, H.K. and A.R. Wellburn. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. 603rd Meeting Held at the University of Liverpool on 11–13 April 1983
- NTC 4592. 1999. Productos de frutas y verduras. Determinación del pH. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC.
- NTC 4623. 1999. Productos de frutas y verduras: Determinación de la acidez titulable. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC.
- Villa-Rodríguez, J.A., F.J Molina-Corral, J.F. Ayala-Zavala, G.I. Olivas and G.A. González-Aguilar. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado *Food Research International* 44(5): 1231–1237.
- Wang, W., R.T.R. Bostic, and L. Gu. 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars *Food Chemistry* 122(2012): 1193–1198.

Extracción Mecánica del Aceite de Semillas de Zapallo *Cucurbita Spp*

Seed Oil Mechanical Extraction of Butternut Squash *Cucurbita Spp*

GINNA ALEJANDRA ORDÓÑEZ NARVÁEZ^{1,2}, SANÍN ORTIZ GRISALES^{2,3}, MÓNICA LONDOÑO¹,
MAGDA PIEDAD VALDÉS RESTREPO^{1,2}, FRANCO ALIRIO VALLEJO CABRERA²

1 Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira

2 Facultad de ciencias Agropecuarias (FCA) Grupo Agronomía, mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (ASPHUNP). Línea de Investigación Agroindustria básica y aplicada.

3 Autor para correspondencia: sortizg@unal.edu.co

Resumen: Se comparó combinaciones mecánicas en la extracción de aceite, con una prensa de tornillo (Komet-CA 59 G) en semilla de dos especies de zapallo *Cucurbita sp.*, en grano A y B. Se presentaron Diferencias significativas ($P < 0,05$) para el rendimiento de extracción de 3,7% y 3,9% en las dos especies en estudio. Las variables determinantes fueron tiempo, temperatura, peso final de aceite filtrado (Pac.F) y Aceite residual en la torta (%Ac.RT).

Palabras Clave: *Cucurbita moschata*, *Cucurbita sororia*, extracto etéreo, presión continua.

Abstract: Mechanical oil extraction combinations were compared with a screw press (Komet CA 59-G) in seeds of two species of butternut squash *Cucurbita sp.*, Grains A and B. Significant differences ($P < 0.05$) for the extraction yield of 3.7% and 3.9% in the two species

under study were presented. The determining variables were time, temperature, final weight of filter oil (WFO) and residual oil in cake (% ORC).

Key Words: *Cucurbita moschata*, *Cucurbita sororia*, ether extract, continuous pressure.

INTRODUCCIÓN

Las semillas de zapallo son oleaginosas, pueden producir grasa total entre 35 y 43% en la especie *Cucurbita moschata* (Ortiz *et al.*, 2007), en otras especies mejoradas de cucúrbitas, se presenta la variación es mayor alcanzando hasta un 55%.

Los métodos de extracción del aceite en semillas, varían de acuerdo al tipo de material vegetal, la morfología y las características de la misma. Existen distintas metodologías de extracción: Utilizando solventes químicos, por fusión, recuperando la grasa

por calentamiento del tejido y finalmente por prensado, en la cual se aplica una fuerza de compresión, que rompe la pared celular permitiendo que el aceite salga del tejido.

Mediante la extracción mecánica se busca mejorar la calidad del aceite y las tortas de extracción. A presión continua, la tortas presentan alrededor del 4% a 6% de grasa residual y se reducen los procedimientos de limpieza y purificación del aceite, lo cual contribuye a mejorar su calidad organoléptica, en el caso de aceites alimentarios (Ariza *et al.*, 2011). Se evaluaron los factores que afectan la extracción mecánica: tipo de grano, humedad, tiempo y temperatura, en distintas condiciones de extracción, para dos tipos de semilla de zapallo *Cucurbita* Spp. con el objetivo de seleccionar las combinaciones óptimas de operación utilizando una prensa expeler (Komet-CA 59 G).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira ubicado a 3°51'48" de Lat. N y -76°81'13" Long. OE. Se seleccionó la semilla de dos especies de zapallo Clasificadas como: A: semilla de *Cucurbita moschata* con ± 2.0 cm de longitud, color blanco, testa tipo corcho y suave, y B: semilla de *Cucurbita argyrosperma sororia* con ± 0.8 cm de longitud, color blanco, testa lisa y dura. Se tomaron muestras de semilla de 200 gramos, se determinó la humedad y sólo para la semilla tipo A, se hizo pre- molienda. La extracción se realizó en una prensa de tornillo con capacidad teórica de 3 Kg/h. Se llevaron a cabo dos etapas; Una de selección donde se definieron 16 tratamientos; con 4 Velocidades y 4 Diámetros de Boquilla \emptyset ; (VnBn), se eligieron los mejores, para las variables, tiempo (t) y rendimiento (R), y una etapa confirmativa, donde se evaluó en un diseño Completamente al Azar, 8 tratamientos finales. Se realizó el Andeva y un test Duncan (SAS. 9.3.). El aceite obtenido, se llevó a un vaso de filtrado, utilizando una bomba de vacío (Modelo DQA-P104-AA) con una presión media de 200 mm Hg. A la torta se le realizó la prueba de extracto etéreo (AOAC.91) para determinar cantidad de aceite residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad promedio de la semilla fué de $9,8 \pm 0,24\%$ en todas las muestras evaluadas. (Mata y Rodríguez 2011), explicaron que la humedad ideal al momento del ingreso al sistema deberá estar en el orden de 9 a 9,5%. (Belén *et al.*, 2005) mencionaron un valor óptimo de humedad alrededor de 9%, para la mayoría de las oleaginosas, una humedad por encima representa disminución de la efectividad de la extracción debido a la formación de emulsiones entre el agua y la grasa, además de alterar la calidad química final del aceite. El contenido de aceite inicial en A fue del 30,46% y en B del 31,15%.

En la etapa de selección, los resultados reportaron mejor comportamiento para dos diámetros de presión (0,7 y 0,5 cm), velocidades mayores a 50 m/min con un flujo de extracción media de 2,2g aceite/min y una capacidad media del equipo de 0,7 kg de semilla/h. Se eligieron 8 tratamientos por encima de la media (Cuadrante I; Figura 1).

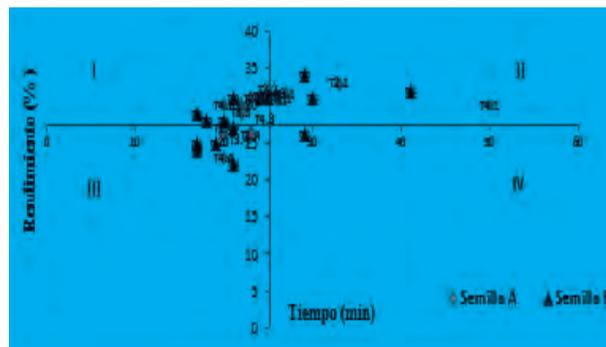


Figura 1. Distribución de tratamientos teniendo en cuenta el rendimiento de extracción de aceite respecto al tiempo.

Con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,01$), reportadas en la tabla 1. El tratamiento 2-V2B3 reportó el mejor rendimiento para la semilla A con 86,457% de extracción, mientras para la semilla B, fué el tratamiento 1-V1B2, con el 84,363%. En general, se obtiene un rendimiento alto a velocidades bajas, respecto del contenido inicial de aceite en la semilla, comparable a lo reportado en otras semillas oleaginosas bajo similares metodologías. (Karaj y Muller, 2011) en *Jatrofa* con 89,4% y (Kartika *et al.*, 2005) en semilla de girasol con el 85% en rendimiento. Con velocidades altas, el rendimiento es menor, ya que con el aumento de la fricción, se aumenta la temperatura, causando endurecimiento del material a la salida de la prensa, producto del calentamiento, dando origen a una matriz compacta en el interior del dispositivo de prensado que evita la salida del aceite (Martínez, 2010), esto también puede ser ocasionado por la diferencia de texturas, en la testa de la semilla, por tal razón la semilla tipo A se le realizó la reducción de tamaño, facilitando la entrada del material al equipo, siendo una desventaja en tiempo y costos para la misma.

Por otra parte el aceite residual en la torta presenta una media de 7,39% y 9,19%, para semilla A y B respectivamente, lo cual le da un valor agregado a las tortas de extracción, que en el caso de la semilla de cucurbita, es rica también en proteínas (52,31%) y almidón ($< 20\%$), aptas para alimentación animal (Ortiz *et al.*, 2007). El peso del aceite filtrado, no se diferencia

Tabla 1. Media, cuadrados medios de los tratamientos y Diferencia mínima significativa (DMS) para las variables; tiempo, temperatura, peso de aceite, % aceite residual en la torta y % rendimiento de aceite extraído.

Tratamiento		Variables											
	Combinación	\varnothing^+ (cm)	Vel (m/min) +	t (min)		T (°C)		P Ac. F(g)		%Ac.RT		% R Ac.E	
A	1-V ₁ B ₃	0.7	59.16	25.70	ab	86.92	b	65.66	a	6.93	bc	85.37	a
	2-V ₂ B ₃	0.7	87.63	29.67	a	94.77	ab	66.33	a	6.29	c	86.45	a
	3-V ₃ B ₂	0.5	122.53	22.01	bc	92.47	ab	62.00	a	7.71	ab	82.73	a
	4-V ₄ B ₂	0.5	160.66	19.6	c	97.82	a	58.00	a	8.64	a	79.83	b
	Promedio general			24.25		92.99		63.0		7.39		83.60	
	CM Tto			57.89	**	63.61		44.22		3.08	**	26.22	*
	DMS 5%			4.83		7.9		8.29		1.10		3.72	
B	1-V ₁ B ₂	0.5	59.16	25.34	a	88.50	bc	60.00	a	7.14	b	84.36	a
	2-V ₂ B ₂	0.5	87.63	21.7	b	91.47	b	59.00	a	8.13	b	81.71	a
	3-V ₃ B ₃	0.7	122.53	17.31	c	87.3	c	54.66	c	11.36	a	73.10	b
	4-V ₄ B ₂	0.7	160.66	17.92	c	97.21	a	57.00	b	10.14	a	76.89	b
	Promedio General			20.58		91.13		57.83		9.19		79.02	
	CM Tto			41.74	**	58.44	**	18.77	*	10.92	**	75.32	*
	DMS 5%			1.859		3.22		2.24		1.59		3.92	

Valor de la significancia **($P < 0,01$) y * ($P < 0,05$)

+ Diámetro de la boquilla de salida usada en el tratamiento (Bn); Vel (m/min) Velocidad del tratamiento (Vn).

entre tratamientos, indicando la misma cantidad de residuos en cada extracción, y una operación de filtrado eficiente, que no afecta el rendimiento de extracción.

CONCLUSIONES

El tiempo y el rendimiento fueron determinantes en la selección de tratamientos que facilitarían la capacidad de operación del equipo de extracción. El rendimiento medio de extracción para la semilla tipo A fue de 83,60% y para semilla tipo B de 79,02%. Los tratamientos de mejor comportamiento se presentaron a temperaturas no superiores a los 95°C, con rendimientos altos, de allí que se propone para la semilla de Cucurbita moschata Duch., una combinación de 0,7 cm de diámetro de la Boquilla y una velocidad de 87.63 m/min, mientras en Cucurbita argyrosperma sororia, 0,5 cm diámetro y 59,16 m/min.

BIBLIOGRAFÍA

- Belén, 2005. Diseño experimental aplicado a la extracción de aceite de semilla de *Acrocomia Aculeata*. Téc. Ing. Univ. Zulia v.31 Especial Maracaibo dic. 2008.
- Karaj, S. and J. Müller. 2011. Optimizing mechanical oil extraction of *Jatropha curcas* L. seeds with respect to press capacity, oil recovery and energy efficiency. *Industrial Crops and Products* 34 (2011) 1010– 1016.
- Kartika, A., P. Pontalier and L. Rigal. 2006. Extraction of sunflower oil by twin screw extruder: Screw configuration and operating

- condition effects. *Bioresource Technology* 97(18):2302–2310.
- Martínez, M.L. 2010. Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.) Influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis Doctoral Ingeniería Química. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Argentina.
- Mata y Rodríguez. 2011. Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de tempate. Tesis Doctoral en Ingeniería. Universidad centroamericana "José Simeón Cañas" El Salvador.
- Ortiz, S., S.C. Pasos, X.C. Rivas, M.P. Valdés y F.A. Vallejo. 2007. Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Acta agronómica* 2009, pág. 145-151

Caracterización Físicoquímica de Aceite de Semillas de Zapallo *Cucurbita moschata Duch*

Physicochemical Characterization of Butternut Squash (*Cucurbita moschata Duch*) Seed Oil

Ginna Alejandra Ordoñez Narvárez¹, Sanín Ortiz Grisales², Magda Piedad Valdés Restrepo^{1,2}, Franco Alirio Vallejo Cabrera²

¹ Ingeniera Agroindustrial. M Sc. Ciencias Agrarias Fitomejoramiento.

² Ph D. Facultad de ciencias Agropecuarias (FCA) Grupo Agronomía, mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (ASPHUNP) Línea de Investigación Agroindustria básica y aplicada.

Autor para correspondencia sortizg@unal.edu.co

Resumen: Se analizó el aceite de semillas de zapallo *Cucurbita moschata Duch*. Las pruebas químicas denotan un aceite estable y sui generis. Los ácidos grasos son insaturados Linoleico 18:2 Δ 9; 60% principalmente. Las pruebas físicas muestran superioridad frente a otro tipo de aceites de uso alimentario e industrial.

Palabras Claves: Extracción mecánica, extracto etéreo, semilla oleaginosa.

Abstract: Butternut squash seeds *Cucurbita moschata Duch*. Oil, were analyzed. Chemical tests denote stable and sui generis oil. The fatty acids are unsaturated, linoleic 18:2 Δ 9, 60% mainly. Physical analysis shows superiority over other oils for food and industrial use.

Key words: Ether extract, mechanical extraction, oil seed.

INTRODUCCIÓN

El zapallo es una hortaliza que presenta frutos carnosos tipo baya, con un alto número de semillas dentro del fruto que varía de 300 a 700 semillas (Ortiz, 2009), caracterizadas por su composición química rica en proteína, almidón y con contenidos de aceite que van desde el 30 al 50% según la especie (Valdés, 2013). El aceite de semillas de zapallo, ha sido estudiado por sus usos en farmacéutica, cosmetología y alimentarios.

Hoy en día, existen especies genéticamente mejoradas que presentan altos contenidos de tocoferoles 27,1 a 75,1 μ g/g y un valioso contenido de ácidos grasos insaturados 48,8 y 62,4% (Ortiz et. al., 2007), especialmente Linoleico (Omega 6) y oleico (Omega 9), con un uso alimentario, comparable al aceite de olivo. En cuanto a sus cualidades organolépticas, es un aceite de color verdoso o rojizo oscuro, sabor y olor similar a nuez tostada y baja viscosidad. Con el presente trabajo se muestran los resultados del análisis físico químico del aceite de semillas de zapallo de la especie *Cucurbita moschata Duch*., extraído a presión continua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira ubicado a 3°51'48" de Lat. N y -76°81'13" Long. OE. Se seleccionó una mezcla de semilla de genotipos seleccionados de la colección de *Cucurbita moschata Duch* L., de origen Centro americano, perteneciente al programa de Hortalizas de la UNAL Palmira, con un contenido de aceite inicial de 42,32 \pm 1,52%. Se realizó la extracción mecánica en una prensa expeler (Komet-CA 59 G). El aceite fué caracterizado física y químicamente en el laboratorio de Análisis industriales de la Universidad del Valle. Finalmente, un análisis de composición de ácidos grasos mediante (CG-MS) Cromatografía de gases con espectrometría de masas en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento en la extracción fue del 81,24%, respecto del contenido inicial, obteniéndose por cada kg de semilla procesada 356 gr de aceite. En la Tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización y comparación con otras especies oleaginosas.

Tabla 1. Análisis físicos y químicos para una muestra de aceite de *Cucurbita moschata Duch*. Comparación con otras fuentes de producción de aceite. Calabaza (*Cucurbita pepo*), Jatrofa (*Jatropha curcas*) y Palma (*Elea guineensis*).

Los resultados mostraron que el grado de acidez para el aceite de semilla zapallo, fue bajo y difiere poco del aceite de Calabaza y Jatrofa, lo que sugiere que la extracción se realizó en condiciones favorables; una acidez baja, está asociada a aceites frescos o recién extraídos, que tienen mayor estabilidad.

El I2 como medida del grado de saturación, señaló que en el aceite de zapallo, se pueden encontrar proporciones altas de ácidos grasos insaturados, y esto se puede corroborar, con los resultados

que se muestran en el Cromatógrama figura 1, que señala para los picos mayores una composición de ácidos poli insaturados (Linoleico 18:2Δ9; > 60,15% y Oleico 18:1Δ9; >10%) tal como lo reportó (Ortiz et. al.,2007), mientras que el aceite de palma se clasificó como una grasa con preponderancia de ácidos grasos saturados.

El grado de saponificación en aceite de zapallo de 50,48 (g KOH/mg) se relaciona con el promedio del peso molecular de los triglicéridos en la mezcla, esta relación es inversamente proporcional, indicando un peso promedio molecular bajo, confirmado por la determinación de la densidad. Las pruebas físicas realizadas para aceite de zapallo, no presentaron diferencias al compararlas con aceite de Calabaza, Jatrofa y Palma. Existieron similitudes favorables para el Índice de refracción 1,4680, frente al aceite de calabaza 1,4660, lo que podría indicar el alto grado de insaturación de los ácidos grasos en la muestra (Oyekunle, 2008). El punto de ebullición de 350°C, fue superior frente a los otros tipos de aceite, siendo favorable para tratamientos térmicos a elevadas temperaturas.

Ensayo	C. moschata.	CV	Calabaza	Jatropha	Palma	Método de ensayo
Índice de Acidez (mg KOH/g)	0.49	2,74	0.55	0.53	-	NTC 218
Índice de Yodo (I ₂ g/100g)	101.56	0,70	115	112.51	50.40	NTC 283
Índice de Saponificación	50.48	3.52	-	190.5	204.35	NTC 335
Densidad (g/ml)	0.9103	-	0.921	0.9172	0.9151	
Punto de Ebullición (°C)	350	-	>230	240	>250	ASTM D 1120 -94
Índice de Refracción (25°C)	1.4680	-	1.4660	1.4700	1.4605	Refractómetro

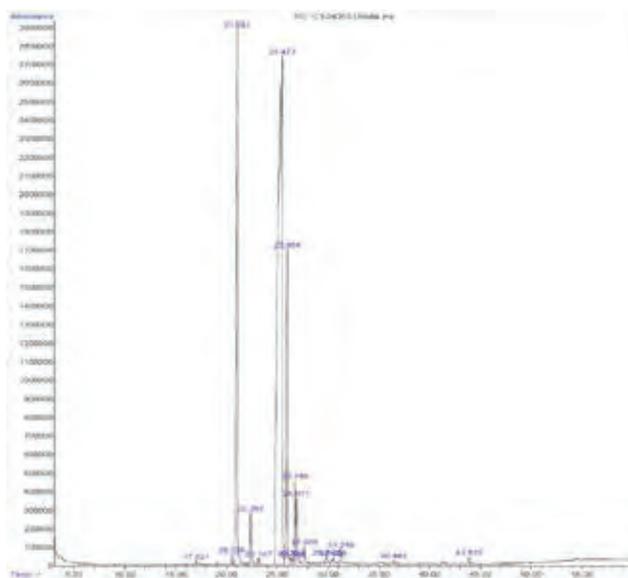
CONCLUSIONES

El aceite de semillas de zapallo *Cucurbita moschata* Duh., presentó alto contenido de ácidos grasos insaturados de cadena larga. Sus características químicas y físicas lo clasifican como un aceite vegetal de uso mayormente alimentario.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de Investigación de Hortalizas de la Universidad Nacional sede Palmira. Al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología, Colciencias y su programa Jóvenes Investigadores e Innovadores.

Figura 1. Cromatógrama de los metilésteres del aceite de zapallo.



BIBLIOGRAFÍA

- Ortiz, S. 2009. Estudios genéticos en caracteres relacionados con el rendimiento y calidad del fruto de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) para fines agroindustriales. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Martínez, M. 2010. Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis Doctoral Ciencias de la Ingeniería. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ortiz S., Pasos L.S., A.X. Rivas, M.P Valdés y F.A. Vallejo. 2007. Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Acta agronómica ACAG* 58 (3):145- 151
- Oyekunle, J.A. and A.A. Omode. 2008. Chemical composition and fatty acid profile of the lipid fractions of selected Nigerian indigenous oilseeds. *International Journal of Food Properties*, 11(2): 273-281.
- Valdés, M.P.2013. Estudio de heterosis y habilidad combinatoria para el carácter extracto etéreo en semillas de zapallo (*Cucurbita* Spp). Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Tabla 1. Análisis físicos y químicos para una muestra de aceite de *Cucurbita moschata* Duch. Comparación con otras fuentes de producción de aceite. Calabaza (*Cucurbita pepo*), Jatrofa (*Jatropha curcas*) y Palma (*Elea guineensis*).

Caracterización Colorimétrica y Textural de un Producto Cárnico a Partir de Especies Nativas Colombianas, Cachama (*Piaractus brachypomus*) y Yamú (*Brycon cephalus*)

Color and Textural Properties of a Product From Native Colombian Fish, Cachama (*Piaractus Brachypomus*) and Yamú (*Brycon Cephalus*)

Andrea Paola Rodríguez Triviño¹; Liliana Patricia Mancera Rodríguez²; Jairo Humberto López Vargas³ y Héctor Suarez Mahecha³

¹ Magister M.Sc. (c) en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 No 45-03, Bogotá, Colombia. aprodrigueztr@unal.edu.co

² Est. Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Carrera 30 No 45-03, Bogotá D.C., Colombia. lpmancerar@unal.edu.co

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá - Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 No 45-03, Bogotá D.C., Colombia.

Resumen. Se elaboraron dos productos cárnicos tipo “Luncheon meat” con carne de Cachama (*Piaractus brachypomus*) y Yamú (*Brycon cephalus*), con el objetivo de analizar texturalmente y colorimétricamente los productos finales. Los resultados de color indicaron diferencias significativas por especie para los productos en términos de L^* , a^* y b^* ($P < 0,05$). Con respecto a los resultados de análisis de perfil de textura, se presentaron diferencias significativas únicamente para cohesividad entre el producto de Cachama y el de Yamú ($P < 0,05$). Los valores de L^* en Cachama ($74,36 \pm 0,79$) y Yamú ($96,16 \pm 1,16$) fueron superiores, en comparación con valores reportados para derivados cárnicos con carne de especies similares como la Tilapia. El producto cárnico a base de Yamú mostró valores inferiores en dureza ($7,07 \pm 0,52N$), comparado con el producto de Cachama.

Palabras clave: Textura, color, Luncheon meat.

Abstract. Two meat products type “Luncheon meat” were developed with meat Cachama (*Piaractus brachypomus*) and Yamú (*Brycon cephalus*), with the aim of analyzing color and textural properties in the final products. The color results indicated significant differences by species (L^* , a^* and b^*) ($P < 0.05$) between the products. Regarding the results of texture profile analysis, differences were significant only to cohesiveness between the product of Cachama and Yamú product ($P < 0.05$). The values of luminosity (L^*) in Cachama (74.36 ± 0.79) and Yamú (96.16 ± 1.16) were higher in comparison with values reported for meat derivatives with meat of similar species such as Tilapia. The meat product-based Yamú showed lower values in hardness ($7.07 \pm 0.52N$), compared with the product of Cachama

Key words: Texture, color, Luncheon meat.

INTRODUCCIÓN

En términos generales, el producto Luncheon meat es de bajo costo y para corte en frío (FAO, 2007), este es cocido hasta alcanzar temperatura interna de aproximadamente 70°C, luego el producto es refrigerado, generalmente cortado en rodajas y empacado al vacío listo para consumir, el peso regular de empaque oscila entre 300 y 500 g. (Feiner, 2006). En este trabajo se elaboró un producto cárnico tipo “Luncheon meat” utilizando como materias primas carne de Cachama (*Piaractus brachypomus*) y Yamú (*Brycon cephalus*) con el objetivo de analizar texturalmente y colorimétricamente los productos finales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del “Luncheon meat”, tanto la carne de Cachama como la de Yamú fueron sometidas a tratamiento térmico con vapor durante 15 minutos; con temperatura interna inicial de 16°C aprox., luego la carne se pasó por un molino de martillos con criba de 1,8 mm de perforación, obteniendo la pasta cárnica de cada especie. Cada pasta se combinaron con cloruro de sodio (1,8%) y se mezclaron con un cuarto de hielo, en cutter (marca JAVAR), luego se agregó (polifosfatos (0,5%), hielo (20%), eritorbato de sodio (0,05%), nitrito de sodio (1%), condimento unipack (1%) y por último se agregó proteína aislada de soya (5%), no hubo inclusión de grasa). El mezclado se continuo hasta obtener una emulsión se textura homogénea, manteniendo la temperatura por debajo de 4°C. La mezcla es prensada en moldes y es llevado a marmita de cocción hasta que se alcance una temperatura interna de 70°C. El producto cocido es sometido a choque térmico y almacenado hasta su análisis a una temperatura de 4°C.

Análisis de color y textura: Se utilizó el espacio de color CIE Lab, determinando las coordenadas: luminosidad (L^*), rojo-verde (a^*) y azul-amarillo (b^*). Las determinaciones de color ($n=3$) fueron

realizadas utilizando un colorímetro Minolta CR-300 (Minolta Camera Co., Osaka Japón) (Hunt *et al.*, 1991). Las mediciones de Análisis de Perfil de Textura (TPA) se obtuvieron usando un texturómetro *TA-XT2i* (Stable Micro Systems®) acorde con la metodología de (Bourne, 1981). Para el análisis estadístico de los datos se realizó una comparación de medias utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc. Cary, NC.) versión 8.0. con un ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Análisis de color: Las coordenadas de color medidas para Cachama y Yamú se muestran en la Tabla 1. Los resultados arrojan diferencias significativas para todas las coordenadas (L^* , a^* y b^*) ($p < 0,05$) entre los productos cárnicos de las dos especies.

(Bartolomeu, 2013) reporta L^* , a^* , b^* para mortadela ahumada elaborada con carne mecánicamente separada (CMS) de Tilapia

(*Oreochromis Niloticus*) ($L = 72,50 \pm 0,7$, $a^* = 11,44 \pm 0,5$, $b^* = 10,29 \pm 0,2$) y Mélo *et al.*, (2011) reportaron valores ($L = 66,39$, $a^* = 2,91$, $b^* = 7,58$) siendo estos valores inferiores a los encontrados en Cachama y Yamú. La coordenada a^* muestra valores negativos atribuibles posiblemente a que la carne posee muy poca mioglobina, determinante para el color rojo en carnes.

Análisis de textura: Los resultados de TPA se muestran en la Tabla 2. Los resultados arrojan diferencias significativas para cohesividad y dureza entre el producto de Cachama y Yamú ($p < 0,05$). (Oliveira, 2009) reporta valores de dureza para embutido cocido de CMS de tilapia de 8,63 N, dicho valor de dureza es intermedio en cuanto a los valores encontrados en este estudio. Este mismo autor atribuye valores bajos de dureza a altos porcentajes de inclusión de carne de pescado dentro de la formulación (a menor porcentaje de inclusión de carne mayor dureza).

Tabla 1. Coordenadas de color obtenidas de muestras de producto para Cachama y Yamú.

	L	a*	b*	Croma	Tono
Cachama	74,36±0,79 ^a	-0,58±0,11 ^a	19,85±0,23 ^a	19,85±0,22 ^a	358,31±0,31 ^a
Yamú	96,16±1,16 ^b	-4,72±0,33 ^b	7,10±0,28 ^b	8,53±0,31 ^b	326,38±2,08 ^b

Letras diferentes en la misma columna indica que existe diferencia significativa ($P < 0,05$)

Tabla 2. Prueba de doble compresión para muestras de producto Cachama y Yamú.

Producto cárnico	Dureza (N)	Cohesividad	Elasticidad	Adhesividad (g/s)	Masticabilidad
Cachama	11,27±0,51 ^a	0,10±0,03 ^b	0,51±0,064 ^a	-3,20±1,20 ^a	63,72±29,19 ^a
Yamú	7,07±0,52 ^a	0,18±0,024 ^a	0,47±0,043 ^a	-4,41±2,26 ^a	63,21±9,65 ^a

Letras diferentes en la misma columna indica que existe diferencia significativa ($P < 0,05$)

CONCLUSIONES

El producto cárnico a base de Yamú mostró valores inferiores en dureza comparado con Cachama. Los productos presentaron alta luminosidad y baja a^* característicos de productos cárnicos a base de pescado.

BIBLIOGRAFÍA

Bartolomeu, D. 2013. Desenvolvimento e avaliação da aceitação de embutido defumado "Tipo Mortadela" elaborado com CMS de Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) e fibra de trigo. Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Bourne, M.C., and S.H. Comstock. 1981. Effect of degree of compression on texture profile parameters. *Journal of Texture Studies* 12(2): 201-216.

Feiner, G. 2006. *Meat product handbook: Practical science and technology*. Boca raton, Florida (USA). Woodhead publishing (1): 287-295.

Granados, C., L.E. Guzmán and D. Acevedo. 2013. Análisis Proximal

Sensorial y de Textura de Salchichas Elaboradas con Subproductos de la Industria Procesadora de Atún (*Scombridae thunnus*). *Información tecnológica* 24(6): 29-34.

Hunt, M. C., J. C. Acton, R.C Benedict, C.R. Calkins, D.P Cornforth, L.E. Jeremiah and S.D. Shivas. 1991. Guidelines for meat color evaluation. In 44th Annual Reciprocal Meat Conference (pp. 9-12).

Mélo, H., R. Moreira, P Dálmas, M. Maciel, J. Barbosa and E. Mendes. 2011. Viabilidade da utilização da carne mecanicamente separada (CMS) de Tilápia do Nilo na elaboração de um produto tipo "mortadela". *Ars Veterinaria*, 27(1), 022-029.

Oliveira, P. 2009. Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Aqüicultura), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Centro de Aqüicultura/UNESP.

Sistema de Monitoreo y Control Estadístico para el Análisis de Rendimiento en la Industria Quesera

Monitoring System and Statistical Control for Yield Analysis in the Cheese-Making Industry

Rigoberto Rosero Benavides¹; Diego Fernando Mejía España² y Oswaldo Osorio Mora³

1 Ingeniero Agroindustrial. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. <rigoagroindustria@gmail.com>

2 Profesor asistente. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. diegomejias@udenar.edu.co

3 Profesor asociado. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. A.A. 1175, Pasto, Colombia. osorio_oswaldo@hotmail.com

Resumen. Se aplicó la metodología de Control Estadístico de Procesos (CEP) para evaluar el rendimiento quesero en la planta de Colácteos Ltda, analizando la transferencia de componentes. Se trabajó en 20 lotes de 10.000 L. Los ensayos probaron que el uso combinado de las tres cartas es una herramienta útil y económica para detectar fallas en el proceso productivo sin la implementación de pruebas de laboratorio adicionales a las que exige la normatividad Colombiana. En la línea estudiada se encontró en promedio un bajo nivel de recuperación de sólidos totales (42,08%), ocasionado por el poco aprovechamiento de materia grasa (69,85%). Se pudo identificar que la baja transferencia puede compensarse con mayor contenido de humedad en el producto terminado, enmascarando así el rendimiento real del proceso.

Palabras clave: transferencia, componentes, queso, rentabilidad, CEP.

Abstract. Statistical Process Control (SPC) was used to assess performance at Colacteos cheese-making plant, analyzing the transfer of components. The methodology was applied in 20 batches of 10.000 L. Trials proved that the combined use of the three cards is a useful and economical tool for detecting faults in the production process without the implementation of additional laboratory tests. At the line analyzed, a low level of recovery of total solids (42.08%), due to the little recovery of fat (69.85%) was found. It was identified that low transfer can be compensated with higher moisture content of the finished product, thus masking the actual performance of the process.

Key words: Transfer, components, cheese, yield, SPC

INTRODUCCIÓN

El rendimiento quesero se define como la cantidad de queso que se obtiene a partir de una cierta cantidad de leche y depende en gran medida de la calidad composicional de la leche, principalmente del contenido de proteína y materia grasa (Guo *et al.*, 2004). Para predecir el rendimiento quesero, se han desarrollado ecuaciones

basadas en la cantidad de componentes sólidos transferidos al queso (Zeng *et al.*, 2007). Aunque son útiles para estimar el rendimiento a partir de diferentes composiciones de leche o queso, no permiten identificar los problemas asociados a otras variables de proceso (Emmons y Modler, 2010). El objetivo de este trabajo es evaluar una herramienta de monitoreo y análisis de rendimiento quesero, mediante la aplicación de cartas de control y pruebas fisicoquímicas en producto terminado y materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 20 lotes de producción de queso de 10.000 L en la empresa Colácteos Ltda., se midieron las siguientes variables: Rendimiento quesero (L/kg); % de Sólidos Totales (ST) en leche (NTC 4979); %MG, empleando la metodología de Gerber (NTC 4723).

Análisis Estadístico. Las cifras de recuperación de sólidos totales se analizaron mediante el método Cartas de Control para Variables y valores individuales, utilizando el software Statgraphics Centurion XVI Versión 16.2.04, para evidenciar el comportamiento del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 indica los resultados del rendimiento quesero obtenido en cada lote consecutivo estudiado; se aprecia que el lote 15 se encuentra en un rango normal de variación, por tanto la carta no indica que se deba considerar como un lote anormal considerando que en esta carta no es un punto extremo y tampoco supera los límites de control. Sin embargo la carta de control de recuperación de ST (Figura 2) indica que la recuperación de sólidos totales fue la más baja de los lotes analizados (38,5%) siendo materia grasa la que menos se recuperó (62%) de acuerdo a la figura 3. El lote 3 evidencia un bajo rendimiento al igual que el lote 5; las cartas indican que la causa es el bajo nivel de aprovechamiento de sólidos

totales y materia grasa. La Figura 3 muestra que el mismo lote alcanza un 62% de recuperación, mientras que en promedio se recupera un 69,85% MG.

El análisis simultáneo de las tres cartas para los lotes 3 y 15, por los bajos puntos presentados en las dos cartas de recuperación permitió identificar que el bajo rendimiento se debió a la pérdida de materia grasa la cual se compensó incrementando la humedad del queso para incrementar el rendimiento. Para el caso del lote 5, la Figura 1 indica que su rendimiento puede considerarse

dentro del rango normal; sin embargo, si se observa la segunda carta de control (Figura 2) se evidencia que fue uno de los lotes con mayor recuperación de sólidos totales, pero se produjo con una humedad inferior a la de diseño ocasionando un rendimiento normal. Teniendo en cuenta la última carta de control se puede indicar que los componentes sólidos de mayor recuperación fueron sólidos no grasos, por presentar un % de recuperación en grasa normal.

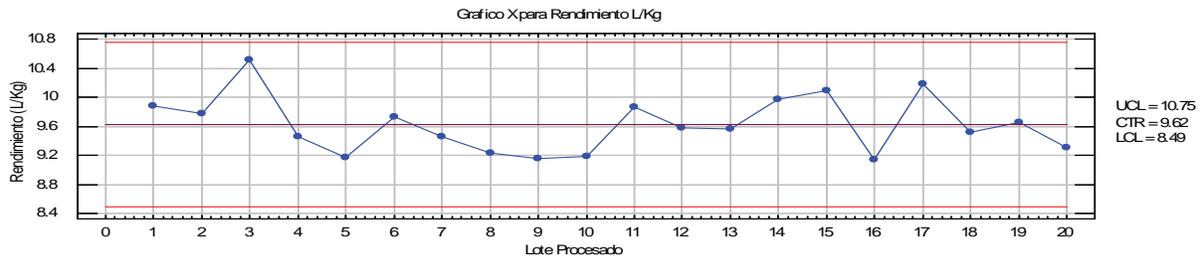


Figura 1. Rendimiento (L/kg).

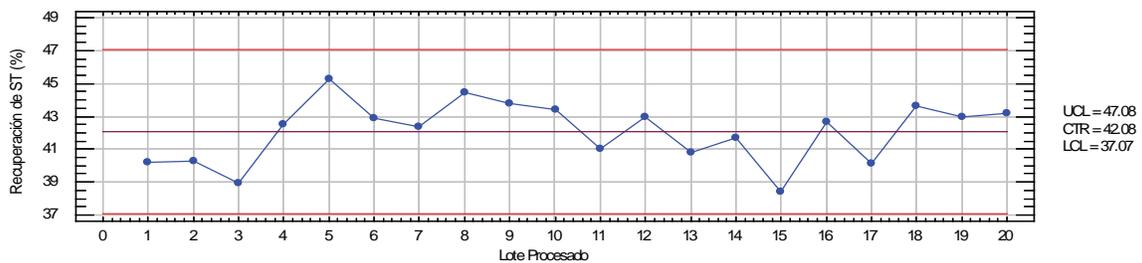


Figura 2. Porcentaje de Recuperación de Sólidos totales.

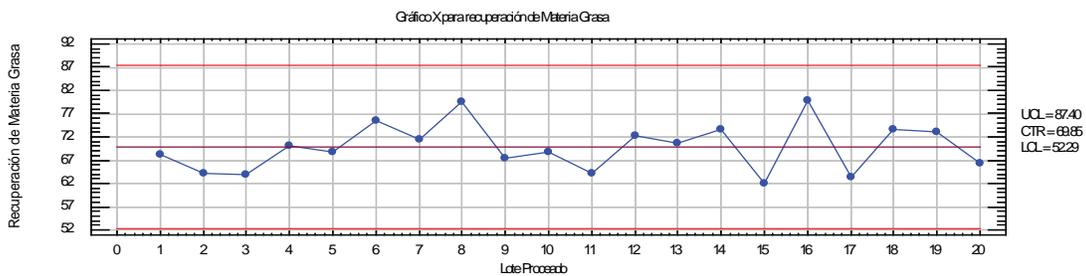


Figura 3. Porcentaje de Recuperación de Materia grasa.

CONCLUSIONES

La medición de rendimiento quesero no es suficiente para medir la eficiencia de los procesos, ya que el mismo puede enmascarse fácilmente modificando la humedad del producto terminado, ocultando así fallas en los procesos de recuperación de ST y MG. Los valores encontrados de estos parámetros (42,08% y

69,85%, respectivamente) son significativamente bajos respecto a los promedios considerados normales en la industria quesera (50% ST, 93% MG).

El sistema de monitoreo propuesto permite evaluar las condiciones reales de proceso y estudiar las variables que

inciden en la transferencia de componentes, mejorando así el proceso productivo de la empresa.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño y la empresa Cooperativa de Productos lácteos de Nariño Colácteos Ltda, por su participación en el desarrollo de la Investigación.

BIBLIOGRAFIA

Emmons, D. and H. Modler. 2010. Invited review: a commentary on predictive cheese yield formulas. *Journal of Dairy Science*. 93(12): 5517–5537.

Guo, M., Y. Park, P. Dixon, J. Gilmore and P. Kindstedt. 2004. Relationship between the yield of cheese and chemical composition of goat milk. *Small Ruminant Research*. 52(1-2): 103–107.

ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana (NTC- 4979). 2001. Bogotá, D.C.

ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana (NTC-4722). 2010. Bogotá, D.C.

Zeng, S., B. Soryal, B. Fekadu and T. Baha. 2007. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Ruminant Research*. 69(1-3): 180–186.

Obtención de una Bebida Alcohólica a Partir de Maíz Morado (*zea mays l.*)

Obtaining an Alcoholic Beverage from Purple Corn (zea mays l.)

Nataly Sánchez Torres¹; Beatriz Hatta Sakoda²

¹ Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima-Perú. nysancheztorres@gmail.com

² Profesor Principal. Facultad de Industrias Alimentarias. Departamento de Tecnología de Alimentos y productos Agropecuarios. Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima-Perú. bhs@lamolina.edu.pe

Resumen. Con el fin de aprovechar los granos de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Morado Canteño, subproducto de la exportación peruana de las corontas, se propuso obtener una bebida alcohólica similar a la cerveza, con características como un color similar al de un vino tinto y un alto contenido de antocianinas y compuestos fenólicos (beneficiosos para la salud). La investigación consistió en adaptar el proceso de elaboración de cerveza, evaluando dos métodos de obtención del mosto: con granos malteados (germinados) y con hidrólisis enzimática de los granos. La bebida alcohólica que presentó un mejor color tinto y cantidad mayor de antocianos y compuestos fenólicos fue la proveniente del mosto obtenido por hidrólisis enzimática.

Palabras clave: Cerveza, antocianinas, hidrólisis enzimática, malteo.

Abstract. In order to use the purple corn grains (*Zea mays L.*) cv. Morado Canteño, byproduct of the Peruvian export cobs, is proposed to obtain an alcoholic beverage similar to beer, with characteristics like similar color to red wine and a high content of anthocyanins and phenolic compounds (healthy compounds). The research consisted of adapting the brewing process, evaluating two methods of obtaining wort:

with malting and enzymatic hydrolysis of grains. The alcoholic beverage that provided a better red color and higher quantity of anthocyanins and phenolic compounds was produced from must obtained by enzymatic hydrolysis of grains.

Key words: Beer, anthocyanins, enzymatic hydrolysis, malting.

INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Morado Canteño, originario del Perú, cuya exportación ha presentado un notable crecimiento, pero sólo como corontas de las que se extraen compuestos de alta actividad antioxidante como las antocianinas, quedando como subproductos los granos, que tienen poca cantidad de colorante y un alto contenido de almidón que dificulta la extracción del pigmento (Figallo, 2001). Por otro lado, los cereales y granos, ricos en almidón, constituyen una de las principales materias primas para la producción de alcohol y de bebidas alcohólicas como la cerveza y la chicha de jora (maíz germinado) que tienen un amplio consumo, por lo que en esta investigación se propuso como alternativa la utilización de los granos de

maíz morado para la producción de una bebida alcohólica tipo “cerveza” que tendría características interesantes como un color diferente a las cervezas tradicionales y, además, compuestos beneficiosos para la salud como las antocianinas y compuestos fenólicos. Para tal fin, se tuvo como objetivo principal evaluar dos métodos de obtención del mosto: a) malteo de los granos de maíz y b) hidrólisis enzimática de los granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los granos de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Morado-Canteño, procedente de Arequipa-Perú, fueron caracterizados mediante el análisis de: proteína, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos, almidón, azúcares reductores (AOAC, 2005) y contenido de antocianinas (Worlstad *et al.*, 2005).

Para la obtención del mosto se evaluaron dos métodos: a) Malteo de los granos (T1) y b) Hidrólisis de los granos con enzimas amilasas comerciales (T2). Para el primer método, los granos se remojaron a 15°C, escurriéndolos y aireándolos cada 4 h, hasta que la humedad alcanzó un 40%, luego se realizó el germinado a 25°C y finalmente el secado a 50°C (humedad menor a 10%). Los granos malteados fueron molidos para obtener una harina (tamaño de partícula, 1 mm) que se diluyó con agua (20% p/p), elevándose la temperatura gradualmente, de acuerdo a la metodología de (Tschope, 2001). Posteriormente, el bagazo se lavó con agua a 75°C para extraer todo el azúcar producido y el mosto fue filtrado y llevado a temperatura de ebullición por 60 min, adicionándole el lúpulo al inicio (0,2 g/L) y al finalizar la cocción (0,9 g/L), y después, se enfrió rápidamente hasta 25°C. Para el segundo método, los granos se secaron a 50°C (humedad menor a 10%), luego se molieron (tamaño de partícula, 1 mm). La harina obtenida se diluyó con agua (20% p/p) y se ajustó el pH a 5,6. La mezcla se llevó a cocción a 90°C por 90 min. y seguidamente se realizó la liquefacción (90 °C por 60 min) con Termamyl 800L (9U/g de almidón), y la sacarificación (60° C por 60 min) con AMG 300L (0,3% con respecto al almidón) (Baks *et al.*, 2008). Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento que en el primer método. En ambos casos, para la fermentación, el mosto fue inoculado con la levadura Safbrew T-58 (0,25 g/L). La fermentación se llevó a cabo a 20°C, controlándose diariamente la densidad, hasta que esta se mantuvo constante. Luego se procedió a la maduración a 2°C por 15 días, después de la cual se realizó un trasiego para eliminar los sedimentos.

Posteriormente, se realizó la carbonatación (2,5 V de CO₂ a 4°C) y luego se envasó en botellas oscuras, procediéndose, inmediatamente al enchapado y pasteurizado a 65°C por 20 minutos y enfriado, almacenándose a temperatura ambiente por 1 semana, procediéndose después a su caracterización mediante los siguientes análisis físico-químicos: acidez, pH, grado alcohólico (AOAC, 2005), gravedad específica (Briggs *et al.*, 2004), polifenoles totales (Waterhouse, 2002) y antocianinas (Worlstad *et al.*, 2005).

Análisis estadístico: para la evaluación de los dos tratamientos de obtención del mosto se utilizó un DCA, empleándose la diferencia mínima significativa (LSD) ($p < 0,05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la composición de los granos no malteados y malteados. Se observa que los granos malteados mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$) en el contenido de proteínas y azúcares reductores y una disminución significativa ($p < 0,05$) del contenido de grasa y del almidón, con respecto a los granos no malteados. Por otro lado, el contenido de antocianinas en los granos no malteados fue mayor que en los malteados, lo cual indicaría una disminución significativa de este componente durante el malteado donde el remojo de los granos habría provocado la pérdida de antocianinas en el agua, por ser estos compuestos hidrosolubles.

Tabla 1. Características de los granos de maíz morado no malteados y malteados

COMPONENTES (% BASE SECA)	GRANOS DE MAIZ MORADO NO MALTEADOS	GRANOS DE MAIZ MORADO MALTEADOS
PROTEINA	8,87 ^a	9,28 ^b
GRASA	3,99 ^b	3,46 ^a
FIBRA	2,53 ^a	2,7 ^a
CENIZA	1,87 ^a	1,79 ^a
CARBOHIDRATOS	72,7 ^a	72,22 ^a
ALMIDON	64,1 ^b	63,74 ^a
AZUCARES REDUCTORES	0,472 ^a	3,664 ^b
ANTOCIANINAS (mg Eq.-cyanindin 3 glucosido/100 g)	156,74 ^b	102,47 ^a

(a,b) Letras distintas indican diferencias significativas para cada componente según la prueba t ($p < 0,05$)

En la Tabla 2 se muestra las características físico-químicas de las bebidas alcohólicas tipo cerveza, procedentes de los dos tratamientos.

Tabla 2. Características físico-químicas de las bebidas alcohólicas procedentes de los dos tratamientos

Características	T1	T2
Alcohol (% v/v)	4,20 ^a	4,47 ^a
Acidez total (% ácido láctico)	0,35 ^a	0,32 ^a
pH	4,14 ^a	4,11 ^a
Polifenoles totales (mg/L)	1331,67 ^a	1417,78 ^b
Contenido de antocianinas (mg Eq- cyanidin 3-glucósido/L)	594,6 ^a	1017,46 ^b

^(a,b) Letras distintas indican diferencias significativas para cada característica según la prueba LSD ($p < 0,05$).

T1 = con granos malteados
T2 = con enzimas comerciales

Las bebidas de ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas, en el grado alcohólico que es muy similar y está dentro de los rangos (3-6° G.L.) de las cervezas convencionales (Briggs *et al.*, 2004) y también en la acidez y pH, teniendo una acidez cercana a la cerveza convencional cuyo valor es alrededor de 0,3% y pH entre 3,9-4,4 (Briggs *et al.*, 2004; Hughes y Baxter, 2004). En lo que si mostraron diferencias significativas fue en el contenido de polifenoles y antocianinas, siendo la proveniente del tratamiento T2 (hidrólisis enzimática) la que tuvo mayor contenido de ambos compuestos. Ambas bebidas presentaron contenidos de polifenoles totales, mayores a los que presenta una cerveza común (5,6 mg/L), que obtiene el material fenólico del lúpulo y de la malta (Hughes y Baxter, 2004), y con respecto al contenido de antocianinas, los valores fueron mayores a los que presenta un vino tinto, que según (Puertas *et al.*, 2003), está alrededor de 500 mg/L.

CONCLUSIONES

El proceso de malteado generó cambios significativos en el maíz morado, disminuyendo el contenido de grasas, del almidón, y antocianinas; e incrementando el contenido de azúcares reductores.

Las bebidas obtenidas de los dos tratamientos (malteado e hidrólisis) no mostraron diferencias significativas en el contenido de alcohol, acidez y pH, pero si mostraron diferencias significativas en el contenido de polifenoles y antocianinas,

siendo la obtenida con hidrólisis enzimática la que presentó mayores valores.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Association of Official Analytical Chemist. AOAC International. Washington DC. USA.
- Baks, T., M. Bruins, A. Matser, A. Janssen y R. Boom. 2008. Effect of gelatinization and hydrolysis conditions on the selectivity of starch hydrolysis with α -amylase from *Bacillus licheniformis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 488-495 pp.
- Briggs, D. C. Boulton, P. Brookes y R. Stevens. 2004. Brewing Science and Practice. Woodhead Publishing and CRC Press. Cambridge, UK. 881p.
- Figallo, V. 2001. "Elaboración de un jarabe de glucosa a partir de grano de maíz morado (*Zea mays L.*, variedad morado canteño) mediante hidrólisis enzimática". Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 136 p.
- Hughes, P y E. Baxter. 2004. Cerveza: Calidad, higiene y características nutricionales. Editorial Acirbia S.A. Zaragoza, España. 154p.
- Puertas, B.S., M. Cruz, J. Serrano, M. Valcárcel y A. García de luján. 2003. Incidencia de la práctica del aclareo de racimos en la concentración de antocianos y taninos y en el color de los vinos de las variedades Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah y Tempranillo. p. 55-67. X Congreso Brasileiro de Viticultura e Enología. Brasil.
- Tschope, E. C. 2001. Microcervejarías e cervejarías: a história, a arte e a tecnologia. Editora Aden. São Paulo, Brasil. 223p.
- Waterhouse, A.L. 2002. Polyphenolics. Determination of total phenolics. Current protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and Sons. Inc. Unit II.1:1.1-1.8pp.
- Wolstad, R.E. T. Acree, E. Decker, M. Penner, D. Reid, S. Schwartz, C. Shoemaker, D. Smith, y P. Sporns. 2005. Anthocyanins. In: Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture and Bioactive Food Components. John Wiley and Sons. Inc. New Jersey, USA. Vol. 2: 6-17pp.

Optimización del Proceso de Elaboración de Queso Costeño Maximizando Rendimiento con las Mejores Características Organolépticas

Optimization of the Production Process of Costeño Cheese Maximizing Yield with the Best Organoleptic Characteristics

José Gabriel Serpa Fajardo¹; Tulia Pérez De La Ossa²; Adolfo Javier De Oro Torres³

¹ Profesor titular, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. Adscrito al grupo de investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES), Cra 28 # 5-267, Sincelejo, Sucre, Colombia jose.serpa@unisucre.edu.co

² Ingeniera de Producción Agroindustrial, MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. Adscrita al grupo de investigación Desarrollo e Innovación de Procesos Alimentarios (DESINPA).

³ Ingeniero Agroindustrial Especialista Investigador, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre. Adscrito al grupo de investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES).

Resumen. Este estudio consistió en optimizar el proceso de elaboración del queso Costeño maximizando el rendimiento del proceso y conservando las mejores características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas en el producto final. Se realizó un diseño experimental completamente aleatorio, con arreglo factorial de 3x3x2x2 correspondiente a 3 niveles de pasteurización (63°C-30min, 73°C-15s y 83°C-1s); 3 niveles de corte (1cm, 3cm y 5cm); 2 niveles de peso de prensado (6 y 18 veces el peso del queso) y 2 niveles de tiempo de prensado (1 y 3 horas). A través del modelo lineal generalizado (GLM) se determinaron los modelos matemáticos que explican cada variable de respuesta conforme a los factores estudiados, a partir de los cuales se construyó el modelo matemático completo a optimizar el cual fue resuelto empleando el programa GAMS v. 24.0.2. Los resultados arrojaron un máximo rendimiento en el proceso de 14,48% obtenido con una temperatura de pasteurización de 63°C durante 30 min, un tamaño de corte de la cuajada de 1 cm, un peso de prensado de 15,42 veces el peso del queso y un tiempo de prensado de 3 horas.

Palabras clave: pasteurización, queso costeño, inocuidad, composición fisicoquímica, GLM, Gams.

Abstract. This study consisted in the optimization of the Production Process of Costeño Cheese maximizing yield process and maintaining the best physical, chemical, and organoleptic characteristics in the final product. A randomized experimental design was conducted, with a factorial arrangement of 3x3x2x2 corresponding to 3 levels of pasteurization (63° C - 30 min, 73° C - 15s and 83° C - 1s), 3 sizes of curdle cut (1, 3 and 5 cm), 2 levels of pressing weight (6 and 18 times the weight of the cheese) and 2 levels of pressing time (1 and 3 hours). Using the generalized linear model (GLM), mathematical models were determined to explain response variables based on studied factors, from which a completed mathematical model was built using GAMS v. 24.0.2. The results indicated a highest process yield of 14.48% obtained

with a pasteurization temperature of 63°C during 30 min, a curdle cut size of 1 cm, a pressing weight of 15.42 times the weight of the cheese and a pressing time of 3 hours.

Key words: Pasteurization, costeño cheese, food safety, physicochemical composition, GLM, Gams.

INTRODUCCIÓN

En la región Caribe Colombiana la industria artesanal en especial la de fabricación de quesos ha ganado un importante espacio en el mercado local, regional e incluso Nacional. En la actualidad el queso costeño es elaborado con leche cruda a través de un proceso no estandarizado con una coagulación no controlada que genera un producto con características no homogéneas y con una deficiente calidad microbiológica por su elevada carga microbiana (Hernández *et al.*, 2011; Chávez y Romero, 2006; Gallegos *et al.*, 2007). A pesar de los beneficios del tratamiento térmico en cuanto a la producción de un queso de buena calidad microbiológica, una serie de cambios tienen lugar en el producto que alteran su calidad final (Sánchez, 2004; Galicia, 2005; Nuala *et al.*, 2007; Barbosa y Bermúdez 2010, Sbodio *et al.*, 2010). Este estudio tuvo como objetivo determinar las condiciones óptimas de temperatura-tiempo de pasteurización, tamaño de corte, peso y tiempo de prensado que maximizan el rendimiento del proceso de elaboración de queso costeño con las mejores condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

A través de un diseño de cribado con arreglo factorial 2⁴ se evaluó cuáles de los factores: relación temperatura-tiempo de pasteurización, tamaño de corte de la cuajada, peso de prensado y tiempo de prensado influyen significativamente en el rendimiento del proceso de elaboración de queso costeño a partir de leche pasteurizada, expresado como kg de queso obtenido por cada 100

kg de leche. A partir de los factores del proceso que resultaron significativos, se realizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de $3 \times 3 \times 2 \times 2$, empleando dos repeticiones y los siguientes niveles: relación temperatura-tiempo de pasteurización: 3 niveles (63°C-30 min, 73°C-15s y 83°C-1s); tamaño de corte de la cuajada: 3 niveles (1, 3 y 5 cm); peso de prensado: 2 niveles (6 y 18 veces la masa de queso obtenida) y tiempo de prensado: 2 niveles (1 y 3 h). Para cada queso elaborado conforme a cada tratamiento se le determinó su rendimiento, se evaluó microbiológicamente (NTC 750) y fisicoquímicamente así: pH (NTC 399), acidez (NTC 4978), humedad (NTC 4086), sólidos totales (NTC 666), proteínas (NTC 5025) y porcentaje de grasa (NTC 4723), además se sometió a evaluación sensorial con la colaboración de 50 panelistas previamente entrenados.

La determinación de los modelos matemáticos de cada variable de respuesta en función de los factores estudiados se logró utilizando el Modelo Lineal Generalizado (GLM) a través del software R versión 2.9.1 y empleando el criterio de información de Akaike (Akaike Information Criterion) para efectos de simplificación y ajuste. Finalmente, para estimar las condiciones óptimas de operación se construyó el modelo matemático completo, estableciendo como función objetivo el rendimiento y las demás variables de respuesta como restricciones, tomando como referencia la composición promedio del queso costeño, una calificación hedónica a partir de 5 en escala de 1 a 7 puntos y el referente normativo para los aspectos microbiológicos. Empleando el programa GAMS versión 24.0.2, se obtuvieron las condiciones óptimas buscadas en cumplimiento con el objeto del presente estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los factores relación temperatura-tiempo de pasteurización, tamaño de corte, peso y tiempo de prensado resultaron estadísticamente significativos sobre el rendimiento del proceso de elaboración de queso costeño ($P < 0,05$).

Las características fisicoquímicas promedio de la leche utilizada como materia prima fueron: pH de 6,43; Acidez de 16,09 expresada en grados Dornic; porcentaje de proteína de 3,11; porcentaje de grasa de 4,19 y porcentaje de sólidos totales de 12,8. Los resultados concuerdan con los reportados en el decreto 616 de 2006 del Ministerio de la protección social colombiano.

A partir de los modelos matemáticos determinados a través de la metodología GLM para cada variable de respuesta (Tabla 1), empleando el programa GAMS v. 24.0.2 se dio solución al modelo de optimización, empleando el Solver Couenne (Type MINLP). Se obtuvo que el máximo rendimiento posible bajo los límites dados por los niveles de los factores estudiados corresponde a un 14,48%, el

cual es obtenido con las siguientes condiciones del proceso: relación temperatura-tiempo de pasteurización 63°C por 30 min, tamaño de corte de la cuajada de 1 cm, peso de prensado de 15,42 veces el peso del queso y un tiempo de prensado de 3 horas. Con estas condiciones de proceso, se cumple con los requisitos establecidos por la NTC 750 respecto a análisis microbiológico para el queso fresco y con las siguientes restricciones: $20,0 \leq \%Grasa \leq 27,0$; $18,7 \leq \%Proteína \leq 21,0$; $Ph \geq 5,26$; $45,0 \leq \%Humedad \leq 55,0$; $45,0 \leq \%Sólidos\ Totales \leq 55$; $Acidez \leq 0,7$; Calificación prueba sensorial $\geq 5,0$ puntos.

En la práctica de elaboración del queso se observó que al aumentar la temperatura de pasteurización, dado la existencia de una desnaturalización, -agregación e interacción de las proteínas- del suero con la caseína, se genera una disminución de la fuerza del gel y una inapropiada coagulación enzimática, atribuido a la distribución del calcio entre la fase sérica y la fase micelar, que genera prolongados tiempos de coagulación y una mayor retención de humedad por parte de la cuajada, en concordancia con los estudios realizados por Everad *et al.*, (2008); Sbodio *et al.*, (2010) y Ramírez *et al.*, (2011). Pese a lo anterior a una temperatura de pasteurización de 83°C en la medida que aumenta el tamaño de corte (3 y 5 cm) se genera una disminución en el rendimiento debido a la debilidad e inestabilidad de la cuajada, produciendo una mayor pérdida de producto y de finos hacia el lactosuero; caso contrario ocurre cuando se trabaja a una temperatura de pasteurización de 83°C y tamaño de corte 1 cm, lo cual con un manejo cuidadoso de la masa se obtiene un mayor rendimiento de queso, aunque dado sus características organolépticas no es un queso que gusta entre los panelistas evaluados, no cumpliendo con la restricción dada en la calificación hedónica. La solución óptima encontrada satisface el conjunto de restricciones a partir del modelo de optimización planteado.

CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas del proceso de elaboración del queso costeño que maximizan su rendimiento con las mejores características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas corresponden a una relación temperatura-tiempo de pasteurización de 63°C por 30 min, un tamaño de corte de 1 cm, peso de prensado de 15,42 veces el peso del queso y un tiempo de prensado de 3 horas, con las cuales es posible obtener un rendimiento de 14,48 kg de queso por cada 100 kg de leche.

AGRADECIMIENTOS

Se confiere un especial agradecimiento al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación "COLCIENCIAS" por la financiación de este estudio. A la Universidad de Sucre, al SENA seccional Sucre y a Colquesos

Tabla 1. Resultados promedio de rendimiento, propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso costeño por tratamiento

N°	T		P-p														
	%c	cm	*	h	%G	%P	Ph	%Ac	%H	%ST	C.T.	C.F.	S	S.A	MYL	CS	%R
1	73	3	6	1	21,33	18,37	6,66	0,46	55,34	44,66	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,12	15,41
2	63	1	6	3	26,33	19,59	6,72	0,42	47,53	52,47	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,82	14,07
3	63	3	18	3	28,67	19,14	6,84	0,27	47,31	51,36	<3	<3	Neg.	<100	<100	5,04	14,86
4	83	1	6	3	24,33	17,63	6,84	0,39	51,98	46,69	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,84	14,90
5	63	1	18	3	25,00	19,62	6,79	0,43	46,15	53,85	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,98	13,33
6	83	3	18	1	19,00	19,77	6,55	0,52	53,94	46,06	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,64	12,57
7	83	5	6	3	14,33	18,79	6,54	0,74	60,89	39,13	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,04	12,51
8	83	3	6	3	19,33	18,46	6,69	0,56	53,89	46,11	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,44	12,15
9	83	1	6	1	24,00	16,32	6,88	0,38	52,80	47,20	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,80	15,14
10	83	5	18	1	15,00	20,69	6,28	0,69	59,84	40,06	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,54	11,18
11	63	1	18	1	24,33	20,54	6,72	0,45	46,88	53,12	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,84	13,78
12	63	5	18	1	23,33	21,65	6,74	0,35	45,08	54,92	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,98	11,09
13	83	3	18	3	18,17	21,85	6,31	0,57	52,41	47,59	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,44	11,24
14	83	5	18	3	12,33	24,53	5,71	1,05	58,79	41,21	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,50	10,06
15	73	3	18	1	22,67	17,51	6,70	0,36	53,98	45,68	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,36	14,97
16	63	1	6	1	23,67	18,43	6,82	0,44	47,49	52,51	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,08	13,94
17	73	5	18	1	21,50	19,53	6,80	0,25	53,38	46,62	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,76	13,23
18	73	3	18	3	23,00	16,94	6,72	0,37	52,74	47,26	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,36	15,08
19	63	3	6	3	23,83	17,74	6,92	0,30	48,96	51,04	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,72	15,03
20	83	1	18	3	24,17	18,88	6,73	0,39	53,11	46,89	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,42	15,11
21	83	5	6	1	16,17	21,70	5,89	0,85	61,86	38,14	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,50	11,31
22	83	3	6	1	20,00	19,29	6,38	0,61	55,63	44,37	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,64	12,41
23	73	5	6	1	23,17	17,74	6,71	0,26	56,51	43,49	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,66	12,95
24	73	1	6	3	22,67	18,73	6,67	0,42	49,73	50,27	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,70	14,10
25	83	1	18	1	23,17	18,79	6,83	0,37	52,48	46,19	<3	<3	Neg.	<100	<100	3,62	15,19
26	73	3	6	3	24,33	18,79	6,53	0,37	54,40	45,60	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,62	15,46
27	73	1	18	3	22,17	18,49	6,59	0,35	48,61	51,39	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,96	14,19
28	63	5	6	3	23,67	22,09	6,74	0,31	44,89	55,11	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,50	11,13
29	73	1	6	1	21,83	18,61	6,67	0,42	49,92	50,08	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,62	14,90
30	73	5	18	3	21,00	17,98	6,68	0,19	52,52	47,48	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,54	13,34
31	63	5	18	3	24,83	22,48	6,85	0,33	44,37	55,63	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,84	10,40
32	73	1	18	1	22,33	19,24	6,61	0,49	49,14	50,86	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,56	15,12
33	63	3	6	1	23,50	17,80	6,88	0,38	50,82	49,18	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,38	15,16
34	73	5	6	3	22,83	18,70	6,67	0,23	55,86	44,47	<3	<3	Neg.	<100	<100	2,46	13,48
35	63	3	18	1	26,33	18,76	6,84	0,28	46,41	53,59	<3	<3	Neg.	<100	<100	4,32	14,13
36	63	5	6	1	25,50	21,65	6,77	0,32	45,95	54,05	<3	<3	Neg.	<100	<100	5,00	11,45

T: Temperatura; P-p: Peso – prensado; t-p: tiempo – prensado; G: Grasa; P: Proteína; Ac: Acidez; H: Humedad; ST: Sólidos Totales; CT: Coliformes Totales; CF: Coliformes Fecales; S: Salmonella; SA: Staphylococcus aureus; MYL: Mohos y Levaduras; CS: Calificación Sensorial; R: Rendimiento

S.A. por su participación activa como alianza estratégica para el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, G., y D. Bermúdez. 2010. Procesamiento no térmico de alimentos, *Scientia Agropecuaria* (1), 81 – 93.
- Chávez, A. y A. Romero. 2006. Diagnóstico de las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del queso costeño producido en el municipio de Sincé – Sucre (Colombia). Tesis de pregrado en Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Sucre. Sincelejo. 115 p.
- Everard, C.D., D.J. O'Callaghan, M.J. Mateo, C.P. O'Donnell, M. Castillo and F.A. Payne. 2008. Effects of Cutting Intensity and Stirring Speed on Syneresis and Curd Losses During Cheese Manufacture, *Journal of Dairy Science* 91 (7): 2575-2582.
- Galicia, J. 2005. Atributos sensoriales de algunos quesos menonitas producidos en la zona noroeste del estado de chihuahua. Tesis Magister en Ciencias. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. 112 p
- Gallegos, J., G. Arrieta. 2007. Frecuencia de *Listeria ssp.* en quesos colombianos Costeños. *MVZ Córdoba* (12): 996 – 1012.
- Hernández, F., R. De la Espriella y J. Hernández. 2011. Caracterización y diagnóstico de la calidad higiénica, composicional y sanitaria del queso costeño a nivel de expendio, de forma estratificada en el departamento de Sucre. Primera Edición. Hipertexto, Sincelejo-Sucre. 92 p.
- Nuala, M., T. Beresford, L. Alan y T. Guinee. 2007. Effect of milk pasteurization temperature on age-related changes in lactose metabolism, pH and the growth of non-starter lactic acid bacteria in half-fat Cheddar cheese. *Food Chemistry* (100): 375–382.
- Poveda, J. 2007. Efecto de la utilización de distintos cultivos iniciadores en la proteólisis del queso manchego. Tesis Doctoral en Química. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca. 290 p.
- Ramírez, J., S. González y N. Sequeira. 2011. Queso Palmita: Originalmente costarricense. *Tecnología Láctea Latinoamericana* (68): 42 -49.
- Sánchez, C. 2004. Utilización de leche cruda versus pasteurizada en la elaboración de quesos. *Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP* (56)
- Sbodio, O., E. Tercero, M. Zannier y G. Revelli. 2010. Tratamiento Térmico de Leche: Influencia del pH y CaCl₂ en la Elaboración de Queso Cuartilero. *Información Tecnológica* (21): 107-116.

Cinética de Extracción de Carotenoides por Microondas a Partir de Piel de Mango (*Mangifera indica* L.)

Kinetic Extraction of Carotenoids by Microwave from Mango Peel (*Mangifera indica* L.)

Eliana Marcela Vélez Erazo¹; Oscar Humberto Dorransoro Guerrero¹; Hugo Alexander Martínez-Correa^{1*}

1 Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales GIPA. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Carrera 32 No 12-00, Chapinero, Vía Candelaria. Palmira, Colombia

*Autores a quienes dirigir la correspondencia: hamartinezco@unal.edu.co, emveleze@unal.edu.co

Resumen. Se realizó el estudio de la cinética de extracción de Carotenoides Totales (CT) a partir de piel de mango usando extracción asistida con microondas (EAM), donde se evaluó la influencia de la potencia del microondas (225 y 675 W), concentración de solvente (50 y 80% de etanol) y tiempo de irradiación (15 – 180 s) sobre el contenido de CT. Se encontró que EAM permite extraer altos contenidos de CT (323 µg βcaroteno/g masa seca) en cortos tiempos de irradiación (150 segundos a 80% de etanol y 675 W de potencia). Finalmente el modelo matemático que mejor describe el proceso de extracción es el de ley de potencia con un R² = 0,998 para las 4 cinéticas estudiadas.

Palabras clave: Extracción asistida por microondas, antioxidantes.

Abstract. The study of extraction kinetics of Total Carotenoids (CT) from mango skin was made for microwave assisted extraction (EAM), where the influence of microwave power (225 and 675W), solvent concentration (50 to 80% ethanol) and irradiation time (15 - 180 s) was evaluated in CT content. It was found that EAM allows extracting high levels of CT (323 µg Bcaroteno / g d.m.) in short time of irradiation (150 s at 80% ethanol and 675W). Finally, the mathematical model that better described the extraction process is power law with R² = 0.998 for the 4 kinetic studied.

Key words: *Microwave assisted extraction, antioxidants.*

INTRODUCCIÓN

La extracción asistida con microondas (EAM) se ha usado recientemente en la obtención de diferentes compuestos por sus ventajas (menor tiempo de extracción, menor uso de solvente, buena reproducibilidad y altos rendimientos) sobre técnicas convencionales (Garofulic *et al.*, 2013), por otra parte, en la industria procesadora de mango hay grandes volúmenes de residuos que pueden convertirse en una fuente promisoriosa de compuestos antioxidantes como los carotenoides. Por lo anterior este trabajo propone el estudio de la cinética de EAM de carotenoides a partir de piel de mango, con el fin de potencializar el uso de este residuo a través de una técnica de extracción de alta eficiencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima. La piel de mango (*Mangifera indica L.*) se adquirió en una procesadora de fruta local (Cali, Colombia). Esta se clasificó, lavó y desinfectó, se deshidrató por liofilización, se molió a un tamaño de partícula de 0,8558 mm y se almacenó a -20°C hasta su uso.

Extracción Asistida con Microondas (EAM). El prototipo de extracción asistida por microondas consta de un extractor que dispone de un sistema de agitación y condensación; en este se realizaron las cinéticas presentadas en la Tabla 1 con intervalos de 30 s. La relación soluto/solvente se mantuvo en 1/40 (g/mL), y la temperatura se midió al final de cada extracción.

Al finalizar la operación, los extractos se almacenaron en frascos de vidrio con sello hermético, bajo congelación y protegidos de la luz para su posterior caracterización química.

Contenido de carotenoides totales (CT). Se determinó

espectrofotométricamente (Szydłowska *et al.*, 2011) con medida en 450 nm y expresado como μg β caroteno/ g masa seca (ms).

Cinética de la EAM. Se usaron los modelos de Peleg (Ecuación 1) y ley de potencia (Ecuación 2) para describir los datos experimentales de la extracción de CT.

$$C_t = C_0 + \frac{t}{K_1 + K_2 \cdot t} \quad (1) \quad C_t = B \cdot t^n \quad (2)$$

Donde y (μg β caroteno/ g ms) son la concentración de CT en el tiempo t y $t=0$. (seg/ μg β -caroteno/ g ms)) y (μg β -caroteno/ g ms) $^{-1}$ son las constantes de razón y capacidad de Peleg, respectivamente. B (s^{-n}) y n son las constantes del material que contiene el agente activo y exponente de difusión del modelo de ley de potencia, respectivamente. La concordancia entre los datos experimentales y calculados fue determinada por el coeficiente de correlación (R^2) y el valor cuadrático medio (RMS), calculado de la siguiente forma:

$$RSM = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left(\frac{C_{ex} - C_t}{C_{ex}} \right)^2} \quad (3)$$

es la concentración de CT experimental (μg β caroteno/ g ms).

Análisis estadístico. Los análisis de CT se realizaron por duplicado (media y desviación estándar) y la determinación de los parámetros de los modelos se efectuó con MS-Excel (2010) empleando el método de resolución no lineal GRG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de carotenoides totales (CT). En la Figura 1 se muestra las cinéticas de extracción de CT y el ajuste con los modelos de Peleg (Figura 1A) y ley de potencia (Figura 1B). Se evidencia que a mayor potencia y concentración de etanol

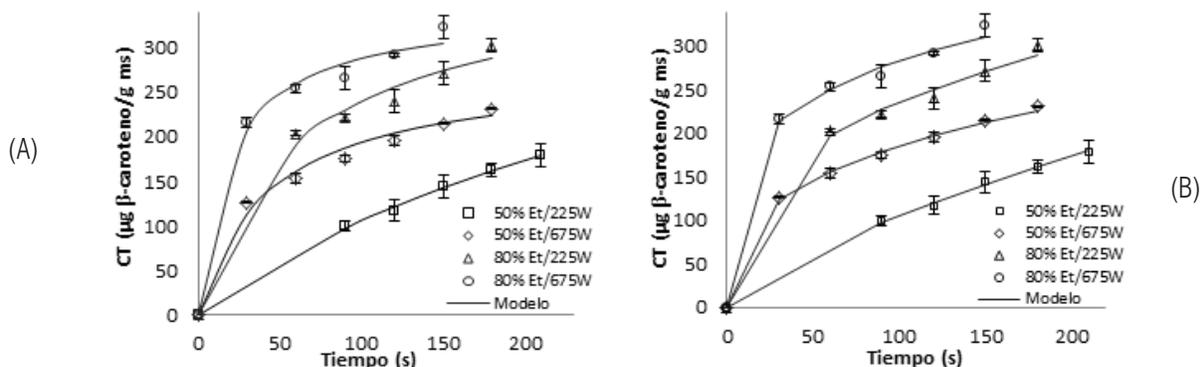


Figura 1. Cinéticas de extracción de CT en piel de mango. 1A) modelo de Peleg. 1B) modelo de ley de potencia.

Tabla 1. Parámetros de evaluación para cada una de las cinéticas de extracción de carotenoides en piel de mango

Cinética	Concentración de etanol (%)	Potencia del microondas (W)	Tiempo (s)
1	50	225	30 – 210
2	50	675	30 – 180
3	80	225	30 – 180
4	80	675	30 – 150

hay mayor obtención de carotenoides. Esto se debe a que estos compuestos se caracterizan por ser apolares y muestran mayor afinidad por el etanol respecto al agua. En la Tabla 2 se muestran los parámetros de los modelos estudiados, el R^2 y el RMS para cada cinética. Se evidencia un alto ajuste para ambos modelos, siendo el de ley de potencia el modelo que mejor explica los datos experimentales.

Adicionalmente, en la Figura 2 se muestra el perfil de temperatura para cada una de las cinéticas, donde hay un

incremento lineal de temperatura con el tiempo hasta lograr la ebullición del solvente (76 °C a 50% y 72 °C a 80% etanol). A mayor potencia (657 W) y concentración de etanol (80%) el solvente ebulle más rápido, esto es por la alta constante dieléctrica de los solventes (24,3 para el etanol y 79,3 para el agua) (Fernández, 2007). También fue efectuada la correlación de temperatura y el contenido de CT antes de la ebullición del solvente (Figura 3), es evidente la correspondencia entre las variables ($R^2 > 0,8$).

Tabla 2. Parámetros de los modelos para la EAM de carotenoides en piel de mango.

Cinética	Modelo de Peleg				Modelo de Ley de Potencia			
	K1	K2	R2	RMS	B	n	R2	RMS
1	0,7442	0,00203	0,999	0,01834	3,9896	0,7125	0,999	0,01522
2	0,1560	0,00359	0,993	0,05422	39,5414	0,3359	0,999	0,01629
3	0,1591	0,00258	0,994	0,04345	46,8537	0,3508	0,997	0,02971
4	0,0578	0,00289	0,994	0,04028	97,1715	0,2322	0,998	0,02377

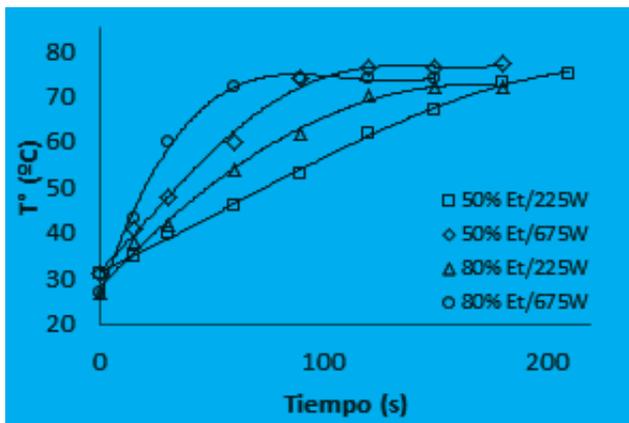


Figura 2. Perfil de temperatura del proceso de EAM

CONCLUSIÓN

EAM es una técnica eficiente en la obtención de CT a partir de residuos de mango, ya que en tiempos cortos logró altos rendimientos de estos compuestos. Los dos modelos estudiados tuvieron un alto ajuste a los datos experimentales; no obstante, el modelo de ley de potencia tuvo mayor ajuste.

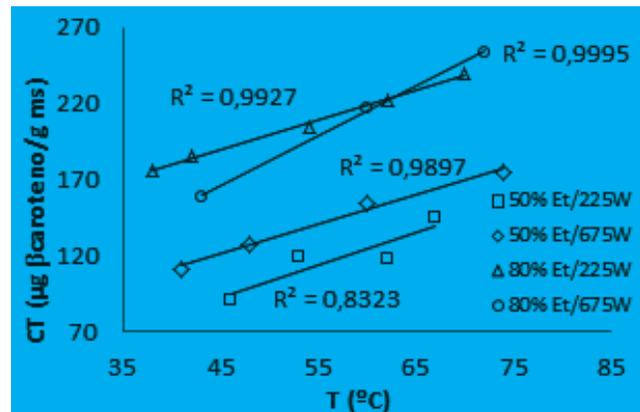


Figura 3. Correlación ente el contenido de CT y la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Los Autores agradecen a COLCIENCIAS mediante la Convocatoria 566 beca-pasantía Jóvenes Investigadores e Innovadores Año 2012 y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (convocatoria de iniciación científica).

BIBLIOGRAFÍA

Garofulic, I.E., V. Dragovic-Uzelac, A.R. Jambrak y M. Jukic. (2013). The effect of microwave assisted extraction on the isolation of anthocyanins and phenolic acids from sour cherry Marasca (*Prunus cerasus* var. Marasca). *Journal of Food Engineering* 117(4): 437–442.

Fernandez Barbero, G. 2007. Extracción, análisis, estabilidad

y síntesis de capsaicinoides. Tesis Doctoral en Ciencia y Tecnología Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Cádiz. 59 p.

Szydłowska-Czerniak, A., K. Trokowski, G. Karlovits and E. Sztyk, 2011. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. *Food Chemistry* 129(3): 1187–1192.

Influence of Carrier Agent Concentration on the Characteristics of Betalain Microcapsules Obtained by Spray Drying

Influencia de la Concentración de Agentes Encapsulantes en las Características de Microcápsulas de Betalainas Obtenidas por Secado por Pulverización

Larissa A. C. Zuanon, Vânia R. N. Telis¹

¹ Universidade Estadual Paulista. Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brazil. Email: larizuanon@gmail.com, vanianic@ibilce.unesp.br

Abstract. *The use of carrier agents to produce betalain microcapsules by spray drying is important to preserve the pigment and extend its shelf life. This work aimed to study the influence of different formulation of carrier agents based on maltodextrin and modified cornstarch in microcapsule characteristics such as solubility, yield, moisture, and pigment retention in betalain microcapsules obtained by spray drying. The beetroot extract presented 2.88 g of betalain/kg extract. The best results for betalain retention in the microcapsules were at high drying air temperatures used (180 °C).*

Key words: Maltodextrin, modified cornstarch, red beetroot, natural pigments

Resumen. *El empleo de agentes encapsulantes para la producción de microcápsulas de betalainas por atomización se convierte en importante para preservar el colorante y extender su vida útil. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto de diferentes formulaciones de encapsulantes a base de maltodextrina y almidón modificado en el rendimiento, retención de betalainas, humedad e solubilidad de las microcápsulas. El extracto de remolacha presentó 2,88 g de betalain / kg de extracto. Los mejores resultados para la retención de betalain en las microcápsulas fueron las altas temperaturas del aire de secado usadas (180° C).*

Palabras claves: Maltodextrina, almidón modificado, remolacha, colorantes naturales

INTRODUCTION

In recent years, the interest in natural dyes has increased considerably, mainly due to their almost zero toxicity and

the fact of being environmentally friendly. Natural dyes are nutritional antioxidants and their presence in the diet can reduce the risk of cardiovascular disease, cancer and diseases associated with aging. The most important and abundant pigments in red beets are betalains, which are chemically defined as derivatives betalamic acids and confer a desirable red color in foods, having numerous industrial applications as additives in jellies, desserts, bakery, etc. (Chethana; *et al.*, 2006). The microencapsulation by spray drying is based on obtaining a matrix that retains the compound of interest in its structure. For effective encapsulation is necessary, among other factors, a good performance of the encapsulating agent. The necessary requisites for the carrier agent include presenting emulsifying properties, having low viscosity at high solids concentrations, having low hygroscopicity and pleasant tasting, being cost effective and easy to obtain, being insoluble and non-reactive with the active material of the microcapsule. Typically, combinations of encapsulating materials are used, since it is difficult to find a single material that possesses all these features. (Kaushik y Roos, 2007). This work aimed to study the influence of carrier agent concentration in characteristics like solubility, yield, moisture and retention of the pigment in betalains microcapsules obtained by spray drying.

MATERIALS AND METHODS

Fifty grams of red beet were homogenized with 100 mL of ethyl alcohol 70% and left under refrigeration for 24 hours, then filtered and evaporated under vacuum to constant

volume (15°Brix) to produce the betalain extract (Cuchinsk *et al.*, 2010). Four trials were performed on spray dryer (B- 290, Büchi, Switzerland) with air flow and temperature of 500 L/h and 180°C, and feeding rate of 5 mL/min. Ten grams of extract were added to solutions of 15 and 35% (w/w) total solids, with proportions of modified starch (MS) and maltodextrin (MD) of 80:20 in two samples and other two samples with 50:50 (Table 1). The solutions were homogenized for 5 minutes in Ultraturrax at 18.000 rpm and then spray dried. Microcapsules were characterized according to the moisture content (AOAC, 1995); yield, by mass difference, betalain retention, and solubility. The betalain content (BLC) was calculated as described by Stintzing *et al.*, (2005) and Pitalua *et al.*, (2010) with modifications: a certain amount of the extract was diluted in a solution of McIlvaine buffer with pH 6.5 to give spectrophotometer reading between 0.9 and 1.0 at the respective wavelengths to betacyanins and betaxanthins. Betalain content was then calculated as BLC [mg/L] = $(A \times DF \times MW \times 1000) / (\epsilon \times 1)$, where A is the absorption value at the absorption maximum corrected by the absorption at 600 nm, DF is the dilution factor and 1 is the pathlength (1 cm) of the cuvette. For quantification of betacyanins (Bc) and betaxanthins (Bx), which constitute the major betalains in red beet, the molecular weights (MW) and molar extinction coefficients (ϵ) of betanin (MW=550 g/mol; ϵ =60.000 L mol⁻¹ cm⁻¹ in H₂O; λ =538 nm)

and indicaxanthin (MW = 308 g/mol; ϵ =48.000 L mol⁻¹ cm⁻¹ in H₂O; λ =480 nm) were applied, respectively. The total BLC is the sum of betacyanins and betaxanthins in samples. Microcapsules solubility was determined according to the method proposed by Chauca-Cano *et al.*, (2005), where 1 g of sample was added to 100 mL of distilled water stirred for 5 minutes. The solution was transferred to a centrifuge at 3000 × g for 5 minutes. A 20 mL aliquot of the supernatant was transferred to a Petri dish and then heated at 105 °C for 5 hours. The solubility percentage was calculated by weight difference. The results were subjected to analysis of variance and the mean comparison test of Tukey at 5% probability using Statistica 7.0 Software (StatSoft, Tulsa, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the results for the analyses of moisture, yield, solubility and betalain retention of the microcapsules. The beetroot extract was also subjected to analysis of betalain retention, resulting in 2.88g of betalain/Kg extract, which was considered 100% when related to betalain retention in the microcapsules. Papadakis *et al.*, (2006) and Zuanon *et al.*, (2013) found similar results with low humidity values, good retention of the pigment studied, high yields and excellent solubility for microcapsules of grape juice and turmeric oleoresin.

Fig. 1 evidences that the best results for betalain retention

Table 1. Moisture, yield, solubility and betalain retention of the microcapsules dried at different conditions.

Treatments	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Drying air temperature (°C)	180	180	180	180
Drying air flow (L/h)	500	500	500	500
MS:MD concentration	20:80	20:80	50:50	50:50
Total solids (%)	15	35	15	35
Moisture (db) (%)	1.74±0.45	0.59±0.49	1.70±0.32	0.39±0.11
Yield (%)	80.73	81.34	62.67	51.42
Solubility (%)	98.18±0.79	99.68±0.25	97.70±0.98	99.48±1.52
Betalain retention (%)	43.74±0.00	45.42±0.00	44.35±0.00	45.90±0.00

*Values ± standard deviation

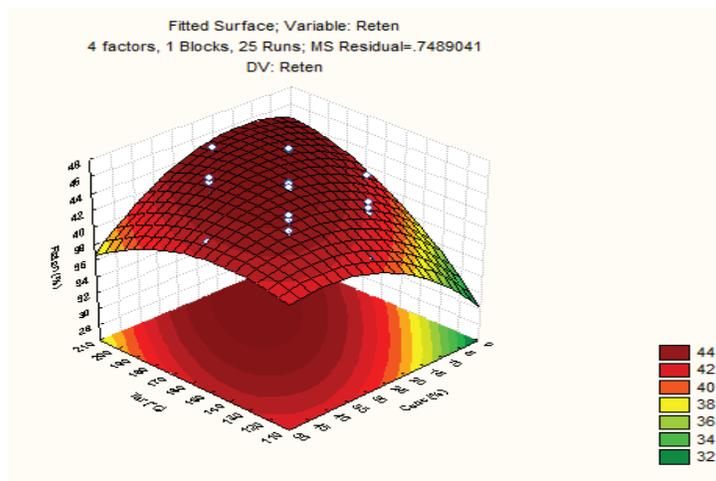


Figure 1: Response surface for betalain retention

are at high air temperatures used (180°C). The total solids concentration significantly influenced only the yield ($P \leq 0.05$). Although this work present a retention of the dye less than 50%, the concentration of betalain in the microcapsules reached 11.5 g betalain/kg of powder, which is an excellent result, compared with other studies involving betalains, which resulted in 0.12 g/kg and 0.038 g/kg (Moßhammer et al, 2006; Pitalua, 2010).

CONCLUSIONS

Betalain microencapsulation by spray drying showed to be efficient, resulting in a product of low humidity, water soluble and with good retention results of the pigment, with good prospects for use as a natural colorant in the food industry.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for the scholarship.

BIBLIOGRAPHY

Cano-Chauca, M., P.C. Stringheta, A.M. Ramos and J. Cal-Vidal. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (5): 420-428.

Chethana, S., A.N. Chetan and K.S.M.S Raghavarao. 2007. Aqueous two phase extraction for purification and concentration of betalains. *Journal of Food*

Engineering, (81): 679-687.

Cuchinsk, A. S., J. Caetano e D.C. Dragunski. 2010. Extração do corante de beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. *Eclética Química* 35(4): 17-23.

Kaushik, V. and Y.H. Roos. 2007. Lipid encapsulation in glassy matrices of sugar gelatin systems in freeze-drying. *International Journal of Food Properties*, (11): 363-378.

Moßhammer, M. R., F.C. Stintzing and R. Carle. 2006. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Inovative Food Science and Emerging Technologies*, (7): 275-287.

Pitalua, E. *et al.*, 2010. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioproducts Processing*, (88): 253-258.

Stintzing, F.C. *et al.*, 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451.

Zuanon, L.A.C.; C.R. Malacrida and V.R.N. Telis. 2013. Production of turmeric oleoresin microcapsules by complex coacervation with gelatin-gum Arabic. *Journal of Food Process Engineering*, (36): 364-373.

Análisis de Vida Útil Multivariante en Alimentos: Sensibilización de la Ponderación de Variables en Estudio Mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS)

Multivariate Shelf-Life Analysis of Food: Sensitization of Variables Weight at Study by Orthogonal Partial Least Square (O-PLS)

Jorge Saavedra^{1,2*}; Andrés Córdova¹; Carolina Astudillo¹; Pablo Ulloa¹; Lea Toledo¹.

¹ Escuela de Ing. de Alimentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

² DATACHEM Agrofood: Data Analysis and Applied Chemometrics Research Group. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

* jorge.saavedra@ucv.cl

Resumen. Un problema recurrente en la estimación de vida útil es definir los factores limitantes en el deterioro. Frente a este problema existen varias estrategias metodológicas para sobrellevar el problema, que implican desechar información. En el presente trabajo se evalúa el uso de Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) como método de sensibilización para mejorar la extracción de variabilidad en el modelamiento de la cinética multivariante para la determinación de vida útil de un producto snack. El producto fue incubado en forma acelerada a 3 temperaturas durante 720 días. Se evaluó A_w , color (DE), humedad y evaluación organoléptica (olor, color, textura y sabor). Posteriormente, se evaluó el método (O-PLS) como estimador de la cinética de deterioro multivariante, mostrando claras ventajas respecto del método original: Análisis de Componentes Principales (PCA).

Palabras clave: Vida útil, análisis multivariante, orthogonal partial least square.

Abstract. A recurring problem in the shelf life estimation is to define the limiting factors in the deterioration phenomena. Faced with this problem there are several methodological strategies for coping with this problem. In the present work, the use of orthogonal Partial Least Square (O-PLS) as a method of sensitization to improve the modeling of multivariate kinetics for shelf life estimation in a snack product is performed. The product was incubated in an accelerated way at 3 temperatures during 720 days. A_w , colors (DE), moisture, sensory evaluation (smell, color, texture and flavor) were performed. Finally, the Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) method

was evaluated like an estimator of the shelf life multivariate kinetics, showing clear advantages over the original method: Principal Components Analysis (PCA).

Key words: Shelf-life, multivariate analysis, orthogonal partial least square.

INTRODUCCIÓN

Dentro del Análisis de Vida Útil de Alimentos, un problema recurrente es la ponderación que se asigna a las variables en estudio en función de su importancia en el fenómeno de deterioro. Frente a este problema existen varias estrategias metodológicas: uso de índices de calidad (promedio ponderado), elección del factor limitante y ponderación por vector de máxima inercia entre otros (Robertson, 2010). La mayoría de estos criterios implica un sesgo sobre la dinámica del fenómeno abordado, discrepando los resultados de vida útil estimada por uno u otro método (Labuza, 1982).

Considerando el método planteado por Pedro y Ferreira, (2006), quienes usan Análisis de Componentes Principales (PCA), se pueden estudiar simultáneamente las reacciones de deterioro, mediante la proyección de la variabilidad conjunta de los atributos de calidad en función del tiempo (scores), así como la interacción subyacente de los atributos de deterioro (loadings).

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la estimación de vida útil en un producto snack en base de manzana deshidratada, sensibilizando las ponderaciones de la matriz de loadings (peso de las variables) mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar las experiencias se dispusieron un total de 270 muestras provenientes de un proceso agroindustrial, las que se sometieron a incubación térmica acelerada a tres temperaturas: 18, 25 y 35°C. Las variables de calidad evaluadas fueron: a_w (Aqua LAB, Decagon Devices Inc., Washington USA a 20°C \pm 0.3°C), humedad (g/100g de producto), sulfitos (SO_2 , $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ b.s), índice color DE (Minolta, CR-200b, Japón), mientras que las evaluaciones organolépticas fueron: sabor, color, aroma y textura. Las 3 cámaras de incubación se mantuvieron durante un total de 720 días.

A partir de los datos se aplicó PCA para obtener la cinética de deterioro multivariante. Posteriormente se sensibilizó la matriz de loadings mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS). O-PLS es un método de proyección que permite aislar fuentes de variabilidad, concentrando en el primer factor extraído la máxima información, lo que permite mejorar la explicación de los fenómenos estudiados (Erickson *et al.*, 2006). Para todos los cálculos se utilizó el software SIMCA-P+ 12 (Umetrics AB, Sweden, 2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis PCA inicial para el modelo explicó el 95.7% de la varianza total (PC1: 92.5% y PC2: 3.1%). La Figura 1 muestra la estructura de correlaciones para las variables en estudio. La relación indica que la Humedad fue directamente proporcional al índice de color DE, mientras que se aprecia una relación inversamente proporcional respecto del grupo de variables SO_2 , Aroma, Textura, Sabor y a_w . La relación

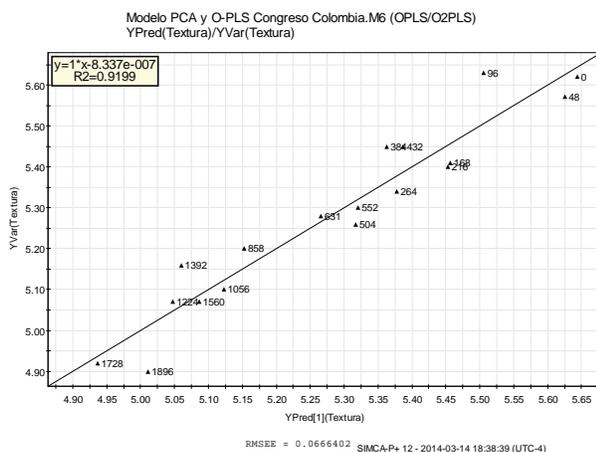


Figura 1. Loadings para PCA depurado.

inversa de a_w y Humedad se replica respecto de experiencias anteriores (Saavedra *et al.*, 2013) lo que se explica por el alto contenido de azúcares.

Posteriormente se procedió a sensibilizar la matriz de loadings mediante O-PLS utilizando como variable de respuesta la textura del producto, dado que sensorialmente es el parámetro que mejor indica la pérdida de crocancia. El modelo fue significativo (p -valor $<$ 0.05) con un factor principal ($R^2X=94.7$) y uno secundario (ortogonal) ($R^2X=0.64\%$), que en conjunto explican el 92.9% (R^2Y) del modelo predictivo para la variable textura. Este resultado permitió mejorar el modelamiento de la cinética multivariante. Esto concuerda con lo planteado por Pedro and Ferreira (2006). Comparativamente los valores obtenidos mediante O-PLS arrojaron un menor error de estimación en los coeficientes del modelo ($\text{SD res} = 0.0626$) (Figura 2).

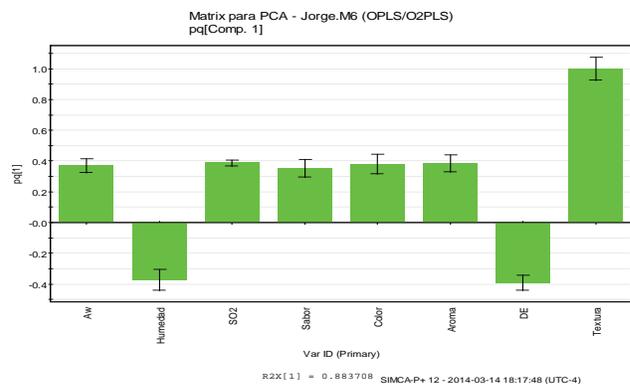


Figura 2. Coeficientes del modelo de estimación de Textura obtenidos con O-PLS.

Al mismo tiempo, el método permitió jerarquizar de mejor forma la importancia de los coeficientes en el modelo, poseyendo una importancia decreciente aunque muy similares en magnitud: Índice de Color DE, Aroma, SO_2 , Color, Humedad, a_w y Sabor, respectivamente. Así mismo se pudo comprobar la relación inversa de Humedad y a_w , no presentando diferencias significativas en orden de importancia entre sí como variables predictoras.

El modelo fue validado mediante el método de la bisectriz con un valor de $R^2=0.92$ (Figura 3).

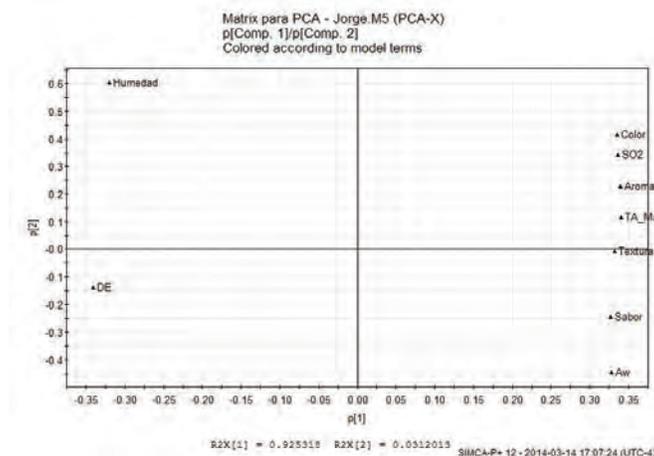


Figura 3. Validación modelo predictivo de Textura mediante O-PLS.

CONCLUSIÓN

Se evaluó el método O-PLS como alternativa a PCA para la estimación de la cinética de deterioro multivariante, demostrando ventajas sobre el modelo lineal que permiten recomendar su uso como complemento en la explicación de fenómenos de deterioro de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Robertson, G. 2010. Food packaging and shelf life: a practical guide. Taylor and Francis. CRC Press, Boca Raton, USA.404p.
 Pedro, A. and M. Ferreira. 2006. Multivariate accelerated shelf-life testing: a novel approach for determining the shelf-life of foods. *Journal of Chemometrics* 20(2): 76–83.

Labuza, T.P 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press. Connecticut, U.S.A.: Inc. Westport. 999p.
 Eriksson, L., E. Johansson, N. Kettaneh-Wold, J. Trygg, C. Wikstrom and S. Wold. 2006. Multi and Megavariate data analysis. Part I: Basic Principles and Applications. Ed. Second. Umetrics AB, Sweeden. 425p.
 Saavedra, J., A. Córdova, L. Gálvez, C. Quezada and R. Navarro. 2013. Principal Component Analysis as an exploration tool for kinetic modeling of food quality: A case study of a dried apple cluster snack. *Journal of Food Engineering* 119 (2): 229–235.

Modelado de las Isotermas de Sorción y del Calor Isostérico de Sorción en Polen Apícola

Modeling Sorption Isotherms and Isotheric Heat of Sorption in Bee – Pollen

Nazly Pulido ^{1*}; Consuelo Díaz ¹; Henry Váquiro ²

1 Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA. A.A. 034227. Bogotá D.C - Colombia

*Autor a quién debe dirigirse la correspondencia: napulidoc@unal.edu.co

2 Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima, A.A. 546, Barrio Santa Helena, Ibagué (Tolima) - Colombia.

Resumen. En este estudio, la actividad de agua y el contenido de humedad de polen apícola fueron analizados para determinar las isotermas de desorción a 50 y 60 °C, mediante el método gravimétrico con sales saturadas. El modelo de GAB y tres modelos empíricos fueron usados para modelizar las isotermas de sorción. El calor isostérico de sorción se determinó usando la Ecuación de Clausius–Clapeyron a partir del modelo de GAB, el cual presentó el mejor ajuste a los contenidos de humedad de equilibrios experimentales y calculados.

Palabras clave: Actividad de agua, modelización matemática, polen apícola.

Abstract. In this study, water activity and moisture content of bee-pollen were analyzed in order to determine the desorption isotherms at 50 and 60 °C, by the gravimetric method with saturated salts. Both GAB and three empirical models were used for modeling the sorption isotherms. Isotheric heat was determined by using the Clausius – Clapeyron equation from the GAB model, which provided the best fit to the contents of moisture, both experimental and calculated.

Key words: Water activity, mathematical modeling, bee-pollen.

INTRODUCCIÓN

El polen apícola es un producto que se utiliza como suplemento en la dieta humana por su alto valor nutricional, producto rico en azúcares, proteínas, lípidos, vitaminas, compuestos fenólicos y carbohidratos (Bogdanov, 2011; Human y Nicolson, 2006). La producción nacional de polen, es estimada como una de las de mayor rendimiento a nivel mundial, obteniéndose hasta 36 Kg por colmena/año, lo cual representa aproximadamente una cantidad de 240 toneladas por año (Martínez, 2006).

La actividad de agua y propiedades de sorción de los materiales alimentarios suministran información útil para operaciones como el secado, mezclado, almacenamiento y envasado (Al-Muhtaseb *et al.*, 2002). Este trabajo tiene como objetivo determinar experimentalmente las isotermas de sorción y calcular el calor isostérico de sorción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimiento experimental. El polen apícola empleado en este estudio se recolectó en apiarios ubicados en la Región del Altiplano Cundiboyacense. El contenido de la humedad en equilibrio se determinó por triplicado usando el método gravimétrico estático a temperaturas de 50 y 60 °C y rango de actividad de agua de 0,1095 a 0,9582. Los pesos de las muestras fueron controladas hasta que el contenido de humedad no excediera el 0.1% del peso en base seca.

Modelamiento de las isotermas de sorción. Con el fin de modelar las isotermas de desorción del polen apícola se emplearon el modelo de GAB (Ec. 1) y los modelos empíricos de Oswin (Ec. 2), Henderson (Ecuación 3) y Halsey (Ecuación 4).

$$X_e = X_m \frac{C_G K_G a_w}{(1 - K_G a_w) [1 + (C_G - 1) K_G a_w]^C} \quad (1)$$

$$X_e = (A + BT) \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^C \quad (2)$$

$$X_e = \left[-\frac{\ln(1 - a_w)}{A(T + B)} \right]^{1/C} \quad (3)$$

$$X_e = \left[\frac{-\exp(A + BT)}{\ln a_w} \right]^{1/C} \quad (4)$$

Donde el contenido de humedad en equilibrio; es la actividad de agua; T es la temperatura absoluta; A, B y C son las constantes empíricas de los modelos; el contenido de humedad de equilibrio en la monocapa. Los parámetros y del modelo de GAB (Ec. 1) pueden ser escritos como funciones dependientes de la temperatura usando relaciones tipo Arrhenius (Ecuaciones 5 y 6).

$$C_G = C_{G0} \exp\left(\frac{H_m - H_n}{RT}\right) \quad (5)$$

$$K_G = K_{G0} \exp\left(\frac{-H_n}{RT}\right) \quad (6)$$

Donde y son parámetros propios del modelo de GAB; es el calor de sorción de la monocapa (kJ mol⁻¹); es el calor de

sorción en la multicapa (kJ mol⁻¹); λ es el calor latente de vaporización del agua pura (kJ mol⁻¹); R es la constante de los gases ideales (kJ kmol⁻¹ K⁻¹); y T es la temperatura absoluta.

Para evaluar la calidad del ajuste obtenidos con el de los modelos sobre los datos experimentales se utilizaron el coeficiente de determinación ajustado R²adj y el error medio relativo EMR.

Determinación del calor isostérico de sorción. El cálculo del calor isostérico de sorción se determinó usando la Ecuación de Clausius–Clapeyron (Ecuación 7), usando el mejor modelo ajustado a los datos experimentales de las isothermas de sorción.

$$Q_{st} = -R \frac{\partial(\ln a_w)}{\partial(1/T)} = \frac{RT^2}{a_w} \frac{\partial a_w}{\partial T} \quad (7)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, muestra los parámetros identificados junto con los estadísticos resultantes del ajuste de las isothermas de desorción a los modelos de GAB, Oswin, Henderson y Halsey. Todos los modelos utilizados para correlacionar el contenido de humedad de equilibrio) con la actividad de agua y la temperatura presentaron coeficientes de determinación ajustado mayores a 0.93. Sin embargo, el modelo de GAB es el que ofrece una mejor estimación de las isothermas de sorción por cuanto posee significado físico y presenta el mejor resultado en el ajuste.

En la Figura 1, se muestran los valores estimados para el calor isostérico de sorción a temperaturas de 50 y 60 °C, calculado de acuerdo a la Ecuación 7 y al modelo de GAB identificado según los parámetros presentados en la Tabla 1. El calor isostérico

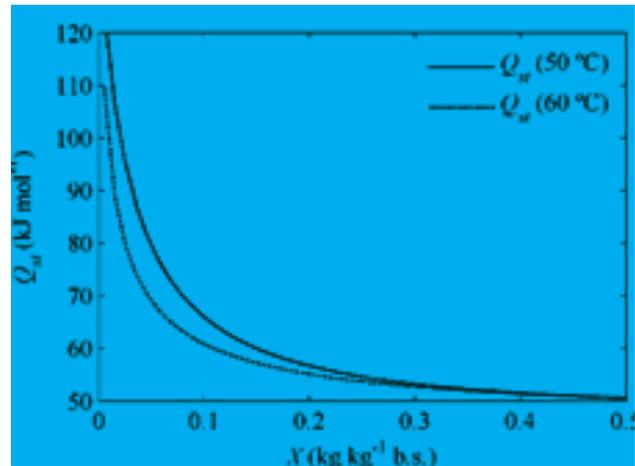


Figura 1. Influencia del contenido de humedad y la temperatura en el calor isostérico de sorción del polen apícola.

de sorción disminuye cuando el contenido de humedad se incrementa. Para Iglesias y Chirife, (1976):B, el contenido en humedad para el cual el calor de sorción se aproxima a la energía de vaporización del agua puede ser un indicativo del punto a partir del cual el agua se encuentra en forma libre en el producto. En este caso, y a partir de los resultados obtenidos, se puede comprobar que en el caso de desorción de agua, el punto en el cual el calor de sorción se aproxima al calor de vaporización es para valores de humedad superiores a 0.4 kg kg⁻¹ (b.s).

El incremento en el calor de sorción a bajos contenidos de

Tabla 1. Ajuste de los modelos de GAB, Oswin, Henderson y Halsey.

Modelo	Parámetros		
GAB	= 0,0881 kg kg ⁻¹ (b.s) = 6,087 × 10 ⁻¹⁶ = 23,814 = 144,41 kJ mol ⁻¹ = 51,71 kJ mol ⁻¹	0,997	13,9
Oswin	= 0,1915 = - 2,821 °C ⁻¹ C = 1,3385	0,969	37,0
Henderson	= 0,3815 °C ⁻¹ = -36,452 °C C = 0,6815	0,997	15,2
Halsey	= 0,8682 = -0,0943 °C ⁻¹ C = 1,117	0,937	56,9

humedad es atribuido a la existencia de espacios polares altamente activos en el material, es decir, espacios de sorción donde la energía de interacción entre el agua y el alimento es mayor que la energía que mantiene las moléculas de agua en estado líquido (Villa-Vélez *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

El modelo de GAB se consideró como el que mejor se ajustó a los datos experimentales de las isoterms. A través de este modelo, fue calculado el calor isostérico de sorción del agua en función del contenido de humedad de equilibrio y la temperatura, encontrando un comportamiento acorde al de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Muhtaseb, A.H., W. McMinn and T.R.A. Magee. 2002. Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. *Food and Bioproducts Processing* 80(2): 118-128.
- Bogdanov, S. 2011. Pollen: Nutrition, Functional Properties and Health, *The Pollen (Book)*, pp. 28.
- Human, H. and S.W. Nicolson. 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry* 67(14): 1486-1492.
- Iglesias, H.A. and J. Chirife. 1976. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *International Journal of Food Science & Technology* 11(2): 109-116.
- Martínez, T., 2006. Diagnostico de la actividad apícola y la crianza de abejas en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de cadena productivas Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. 121p.
- Villa-Vélez, H.A., H.A. Váquiro, J. Bon and J. Telis-Romero. 2012. Modelling thermodynamic properties of banana waste by analytical derivation of desorption isotherms. *International Journal of food Engineering* 8 (1): 1 - 21.

Efecto de la Aplicación de Elictores Físicos en el Porcentaje de Materia Seca en Plantas de Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

Effect of the application of physical elicitors in dry matter in thyme plants (Thymus vulgaris L.)

Rafael Andrés Ramírez¹; Aníbal Orlando Herrera²; Claudia Patricia Pérez³

- 1 Ingeniero Agrónomo, cM.Sc Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Facultad de Ingeniería: Co-investigador grupo de investigación en poscosecha de productos agrícolas, Av. Cra. 30 45-03- Bogotá D.C., Código Postal 111321 – Colombia, raramireza@unal.edu.co.
- 2 Profesor titular, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos ICTA, Av. Cra. 30 45-03- Bogotá D.C., Código Postal 111321 Colombia, aoherrera@unal.edu.co.
- 3 Profesor titular, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Facultad de Ingeniería: Líder grupo de investigación en poscosecha de productos agrícolas, Av. Cra. 30 45-03- Bogotá D.C. Código Postal 111321 – Colombia, cpperezr@unal.edu.co

Resumen. El deterioro gradual de la estratosfera y el aumento de las emisiones de gases nocivos, han posicionado a la radiación UV-B como un parámetro determinante en el comportamiento fisiológico, morfológico y productivo de las especies vegetales. Este trabajo evaluó el efecto de la radiación UV-B aplicada en hojas y tallos jóvenes de plantas cosechadas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en dos estados fenológicos 75 y 92 ddt medido en la variación del porcentaje de masa seca. Las plantas fueron irradiadas con luminaria Philips TL 40W/12RS, aplicando diferentes dosis de UV-B; tratamiento 1 (T1) 0,05 Wh m⁻² y tratamiento 2 (T2) 0,075 Wh m⁻² y tiempos de adaptación de 24 h (Ta) y 48 h (Tb). El efecto de los tratamientos se estableció a partir

de la variación en la producción de biomasa, expresado en porcentaje de materia seca. El estudio mostró que mediante la combinación entre T2 y Tb en la etapa fenológica de “plena floración”, se obtuvo un aumento en la biomasa del 5,58% en comparación con el control. Mientras que una combinación de T1 y Ta, en la etapa fenológica “punto de corte”, produjo un aumento en la biomasa del 4,56% con respecto al control. Estos resultados son coherentes con estudios anteriores, donde se empleó exitosamente la radiación UV-B como promotor de metabolitos secundarios en frutas, hortalizas y aromáticas, mediados en aumentos iniciales de la biomasa de las plantas tratadas.

Palabras clave: Radiación ultravioleta, poscosecha, aromáticas, biomasa.

Abstract. *The gradual deterioration of the stratosphere and increased emissions of harmful gases, have positioned the UV-B radiation as a key parameter in the physiological, morphological and productive behavior of plant species. This study evaluated the effect of UV-B radiation applied in leaves and young stems of harvested plants of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in two growth stages 75 and 92 days measuring variation in the percentage of dry mass. The plants were irradiated with Philips TL 40W/12RS luminaire, using different doses of UV-B; treatment 1 (T1) 0.05 Wh m⁻² and treatment 2 (T2) 0,075 Wh m⁻², and adaptation time 24 h (Ta) and 48 h (Tb). The effect of treatments was established from the change in biomass production, expressed as a percentage of dry matter. The study showed that by combining between T2 and Tb, in the phenological stage of “full bloom”, an increase in biomass of 5.58% compared to the control was obtained. While a combination of T1 and Ta, in the phenological stage “cutoff” showed an increase in biomass of 4.56% compared to control. These results are consistent with previous studies, where was successfully used the UV-B radiation in promoting secondary metabolites in fruits, vegetables and herbs, measured in initial increases in biomass of treated plants*

Key words: Ultraviolet radiation, postharvest, aromatic herbs, biomass.

INTRODUCCIÓN

La radiación emitida por el sol, que llega a la tierra, depende de múltiples factores o barreras físico-químicas, de las cuales es importante destacar el efecto de las moléculas de ozono (O₃) que actúan como elementos filtrantes, absorbiendo longitudes de onda nocivas para la vida en el planeta como lo son la radiación ultravioleta B y C. Esta radiación corresponde al 8-9% de la radiación total y se encuentra en longitudes de onda que van de 100-400 nm. La radiación ultravioleta B cuya longitud de onda se encuentra entre los 280-320 nm (Carrasco, 2009) representa el 1,5% de la radiación ultravioleta; algunos investigadores como Hollósy (2002) han estimado que la radiación UV-B incidente aumenta de forma directamente proporcional a la reducción del contenido de ozono atmosférico en una tasa del 130-180% (relación 1:1,3 – 1: 1,8), siendo considerada como una de las mayores limitantes del cambio climático para el desarrollo sostenible de la humanidad (PNUMA, 2008). Sin embargo, estudios realizados por Schreiner y Huyskens (2006); Jansen y colaboradores (2008) y Pérez y colaboradores (2009; 2013), han permitido establecer a la radiación ultravioleta B como una tecnología promisoriosa en la poscosecha de frutas, hortalizas y aromáticas. Los

efectos generales de la radiación ultravioleta B son expuestos en trabajos de revisión como Barnes *et al.*, (1996); Hollósy (2002); Andreasson (2006); Jacovides *et al.*, (2009) y Klem *et al.*, (2012). El objetivo general de este trabajo fue confirmar la existencia de variaciones en el porcentaje de materia seca, producto de la aplicación de diferentes dosis de radiación ultravioleta B y diferentes tiempos de adaptación, en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.), producidas bajo invernadero en la sabana de Bogotá, que permitan correlacionar la producción de fitoquímicos con posibles aumentos de biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon hojas y tallos de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) provenientes de dos estados fenológicos E1 “punto de corte: 75 días después de trasplante ddt” y E2 “plena floración: 92 días después de trasplante ddt”, proveniente de cuatro parcelas experimentales ubicadas en el invernadero de estudios fisiológicos de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, las plantas se desarrollaron en sustrato con pH 5,8 de textura franca, con una densidad aproximada de 27.000 plantas/hectárea, la temperatura y humedad relativa promedio de desarrollo fueron respectivamente de 26°C y 80%.

Tratamientos. Se irradiaron hojas y tallos jóvenes de tomillo en fresco con UV-B, empleando luminaria Philips TL 40W/12RS, se aplicaron dos dosis: T1 (0,05 Wh m⁻²) T2 (0,075 Wh m⁻²), la distancia existente entre las luminarias y las bandejas con el material vegetal se estableció en 0,5m, se definieron dos tiempos de adaptación 24 y 48 horas (Pérez *et al.*, 2009), se determinó la masa seca de las plantas, con una precisión de 0,0001g, las hojas y tallos de cada planta se colocaron en bandejas de aluminio para ser secadas en una estufa de convección forzada (Memmert U30), a una temperatura de 60±3°C durante 24 horas o hasta peso constante (Szummy *et al.*, 2010). El diseño estadístico empleado para la investigación fue DCA, se realizó el análisis de varianza ANOVA mediante el programa SAS versión 9.0, los tratamientos fueron comparados a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia P <0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el análisis estadístico se evidenció un aumento del 4,56% con respecto al control en el porcentaje de materia seca en plantas de tomillo a los 75 ddt sometidas a una radiación de 0,05 Wh m⁻² y un tiempo de adaptación de 24 h, y aumento de 0,71% en la variable sometida a una radiación de 0,075 Wh m⁻² y un tiempo de adaptación de 48 h. Se pudo verificar mediante la prueba de Tukey que en los tratamientos restantes

no se presentaron diferencias significativas; sin embargo, se identificó una tendencia positiva en el porcentaje de materia seca, aumentando 3,01% en la variable mediante la aplicación del T1 y un tiempo de adaptación Tb, y aumento de 3,34% en la variable mediante la aplicación de T2 y un tiempo de adaptación de Ta. Para la etapa fenológica 92 ddt, se evidenció un aumento estadísticamente significativo del 5,58% con respecto al control en el porcentaje de materia seca en plantas de tomillo sometidas a una radiación de 0,075 Wh m⁻² y un tiempo de adaptación de 48 h. Se pudo verificar mediante la prueba de

Tukey que en los tratamientos restantes no se presentaron diferencias significativas; sin embargo, el comportamiento de variación positiva en el porcentaje de materia seca se mantuvo; aumento de 1,27% en la variable mediante la aplicación del T2 y un tiempo de adaptación Ta, aumento de 2,57% en la variable mediante la aplicación del T1 y un tiempo de adaptación Tb, aumento de 2,11% en la variable sometida al T2 y un tiempo de adaptación Ta. En la Tabla 1 se presentan los valores porcentuales junto con las desviaciones estándar para cada uno de los tratamientos.

Tabla 1. Porcentaje de masa seca promedio (MS%) de hojas y tallos de tomillo obtenidos con los tratamientos (T1): 0,05 Wh m⁻² y (T2): 0,075 Wh m⁻² de radiación UV-B acumulada, en los estados fenológicos punto de corte (75 ddt) y plena floración (92 ddt), los tiempos de adaptación Ta y Tb hacen referencia al tiempo de respuesta y equivalen respectivamente a 24 y 48 h, y los controles (C1 y C2) hacen referencia a los porcentajes de masa seca no tratados con UV-B artificial.

Etapa fenológica (ddt*)	Tiempos de adaptación (h)	UV-B			
		0,05 Wh m ⁻²	C1	0,075 Wh m ⁻²	C2
75	Ta	40,3609 ± 2,8579 (a)	35,8057 ± 7,9478	39,9059 ± 6,6586 (b)	36,5636 ± 8,4136
	Tb	38,4088 ± 6,1282 (b)	35,4015 ± 2,4976	37,9289 ± 5,6056 (c)	37,2228 ± 4,3300
92	Ta	38,8359 ± 9,0761 (d)	37,5616 ± 5,4745	37,7929 ± 2,6026 (b)	35,6741 ± 6,3191
	Tb	38,9945 ± 8,6269 (b)	36,4210 ± 8,8164	40,7417 ± 5,8756 (e)	35,1667 ± 7,4968

Mediante esta trabajo se pudo confirmar que la acción de dosis medidas y controladas de radiación UV-B, pueden actuar como elicitores físicos-externos (Namdeo, 2007), promoviendo una respuesta positiva en la producción de biomasa, expresada en el contenido de materia seca de las plantas evaluadas; este comportamiento, según Barnes y colaboradores (1996) y Pérez y colaboradores (2009), es inducido por variaciones en las tasas fotosintéticas producto de aumento o disminución en la asimilación de carbono por parte de las plantas, el comportamiento puede variar de una especie a otra y es notorio en especies susceptibles a radiación UV-B (Barnes *et al.*, 1996); también es posible que estos cambios sean promovidos con el fin de generar resistencia o activar mecanismos de defensa ante estímulos externos (Schreiner and Huyskens, 2006). Los resultados que se presentan en la Figura 1, son acordes con los valores obtenidos en estudios realizados en plantas del género *Mentha* (Karousou *et al.*, 1998) y *Rosmarinus* (Pérez and González, 2007), quienes se emplearon como referentes en aromáticas, pues el estudio de la variación de la materia seca para plantas de tomillo bajo la influencia de diferentes dosis de radiación UV-B no se localizó mediante la revisión y consulta con expertos en aromáticas. Una de las observaciones relevantes y que motiva a continuar con la investigación es diferenciar las rutas metabólicas que están implicadas en la producción de

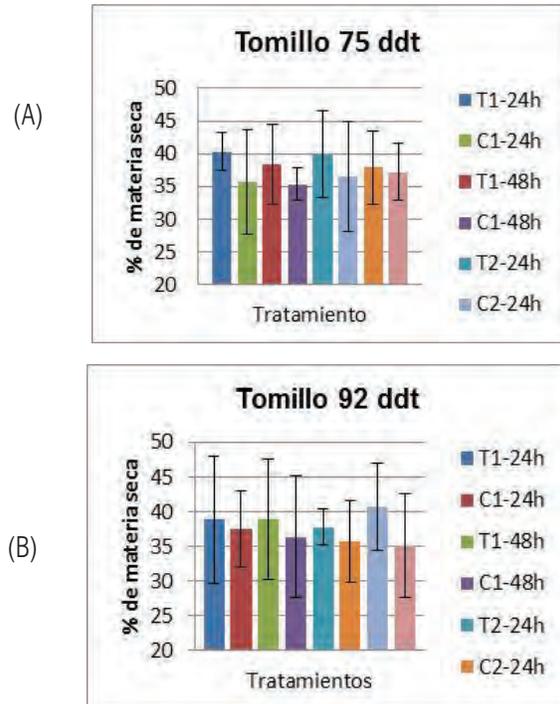


Figura 1. Porcentaje de materia seca para plantas de tomillo a los 75 ddt (A) y 92 ddt (B). Las abreviaturas en las columnas indican; C: control y T: tratamiento. El número 1 corresponde a 0,05 Wh m⁻² y el número 2 a 0,075 Wh m⁻².

biomasa generada a partir de la elicitación con UV-B y establecer la posible existencia de una afectación a nivel del mRNA y el ADN (Hollósy, 2002). Algunos trabajos como los realizados por Stratman, (2003) y Rodrigues et al, (2006), indican que el fotosistema II sería el sitio potencial en el cual se presenta mayor respuesta ante los estímulos con UV-B.

CONCLUSIONES

Mediante este trabajo se pudieron evidenciar variaciones en el porcentaje de materia seca, producto de la aplicación de diferentes dosis de radiación ultravioleta B y diferentes tiempos de adaptación, teniendo los mejores resultados mediante la combinación entre T2 y Tb en la etapa fenológica de “plena floración” con un aumento en la biomasa del 5,58% en comparación con el control y con combinación de T1 y Ta, en la etapa fenológica “punto de corte”, con un aumento en la biomasa del 4,56% con respecto al control. Estos resultados son coherentes con estudios anteriores, donde se empleó exitosamente la radiación UV-B como promotor de metabolitos secundarios en frutas, hortalizas y aromáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andreasson, K. and S.A. Wangberg. 2006. Biological weighting functions as a tool for evaluating two ways to measure UVB radiation inhibition on photosynthesis. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 84 (1): 111–118.
- Barnes, P., C. Ballare and M. Caldwell. 1996. Photomorphogenic Effects of UV-B Radiation on Plants: Consequences for Light Competition. *Journal Plant Physiol* 148 (1): 15–20.
- Carrasco, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. *IDESIA* 27 (3): 59–76.
- Hollósy, F. 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron* 33 (2): 179–197.
- Jacovides, C., F. Tymvios, D. Asimakopoulos, N. Kaltsounides, G. Theoharatos and M. Tsitouri. 2009. Solar global UVB (280–315 nm) and UVA (315–380 nm) radiant fluxes and their relationships with broadband global radiant flux at an eastern Mediterranean site. *Agricultural and Forest Meteorology* 149 (2): 1188–1200.
- Jansen, M., K. Hectors, N. O’Brien, Y. Guisez and G. Potters. 2008. Plant stress human health: Do human consumers benefit from UV-B acclimated crops?. *Plant Science* 175 (4): 449–458.
- Klem, K., A. Ač., P. Holub, D. Kovác, V. Spunda, T. Robson and O. Urban. 2012. Interactive effects of PAR and UV radiation on the physiology, morphology and Leaf optical properties of two barley varieties. *Environmental and Experimental Botany* 75(8): 52– 64.
- Karousou, R., G. Grammatikopoulos, T. Lanaras, Y. Manetas and S. Kokkini. 1998. Effects of enhanced UV-B radiation on *Mentha spicata* essential oils. *Phytochemistry* 49 (8): 2273–2277.
- Namdeo, A.G. 2007. Plant Cell Elicitation for Production of Secondary Metabolites: A Review. *Pharmacognosy. Reviews* 1 (1): 69–79.
- Pérez, C.P., C. Ulrichs, S. Huyskens-Keil, M. Schreiner, A. Krumbein, D. Schwarz and H.P. Kläring. 2009. Composition of carotenoids in tomato fruits as affected by moderate UV-B radiation before harvest. *Acta Hort. (ISHS)* 821 (1): 217–222.
- PNUMA (Programa de las naciones unidas para el medio ambiente). 2008. Cambio climático 2007: Informe de síntesis, Informe del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 144p.
- Ramírez, R. A., A. Herrera and C.P. Pérez. 2013. Effect of the application of physical elicitors during the post-harvest in mint and rosemary essential oils. VII congreso ibérico de Agroingeniería y ciencias hortícolas. SEAgIng- SECH. Madrid España.
- Rodrigues, G.C., M. Jansen, N. Van Den and J. Van Rensen. 2006. Evidence for the semireduced primary quinone electron acceptor of photosystem II being a photosensitizer for UVB damage to the photosynthetic apparatus. *Plant Science* 170 (8): 283–290.
- Schreiner, M. and S. Huyskens. 2006. Phytochemicals in fruit and vegetables: Health promotion and postharvest elicitors. *Chemical Reviews in plant sciences* 25(1): 267–278.
- Stratman, J. 2003. Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. *TRENDS in Plant Science* 8 (11): 526–533.
- Szumy, A., A. Figiel, A. Gutierrez-Ortiz and A. Carbonell-Barachina. 2010. Composition of Rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering* 97 (10): 253–260.

Efecto de Recubrimientos Comestibles Multi componente sobre el Contenido Funcional de Mora de Castilla

Edible Coating Effect on Functional Multicomponent Content of Castilla Blackberries

Cristhian A. Patarroyo T.^{1*}; Ana J. Cárdenas R.^{1**}; Claudia P. Valenzuela R.²

1 *Tesisista, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima: capt_1024@hotmail.com

** Tesisista, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima: anicar10@hotmail.com

2 Profesora Titular, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima cpvalenz@ut.edu.co

Resumen. Recubrimientos comestibles a base de polisacárido-proteínas fueron evaluados como alternativa de conservación comercial y funcional en frutos de mora pretratados durante 6 meses con óxido de calcio al 0,16% a nivel foliar. Los polímeros a base de caseinato de calcio-goma gellan-gelatina (TCC) y caseína-goma gellan-gelatina (TCA), combinados con glicerol, Tween 80, aceite de canola y natamicina, aplicados por técnica dipping garantizaron adherencia homogénea, buena apariencia del producto, mayor vida en anaquel, reducción de lixiviados, alto contenido de fenoles, capacidad antioxidante y antocianos monoméricos.

Palabras clave: Fruto perecedero, polisacárido, proteínas, calidad, vida útil.

Abstract. Edible coatings based on polysaccharide-proteins were evaluated as an alternative to commercial conservation and functional in blackberry fruits pretreated with calcium for 6 months 0.16% at leaf level. The polymers based on calcium caseinate-gellan gum-gelatin (TCC) and casein-gellan gum-gelatin (TCA) combined with glycerol, Tween 80, canola oil and natamycin were applied to the fruits by technical dipping for subsequent packaging and storage under refrigerated conditions. The results obtained showed homogenous coating adhesion, good appearance of the product, increased shelf life, reduced leachate and high content of phenols, antioxidant capacity, and monomeric anthocyanins.

Key words: Perishable fruit, polysaccharide, protein, quality, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La mora baya no climatérica de difícil manejo, alta perecibilidad y sensibilidad a daños mecánicos (Perkins-Veazie *et al.*, 2000) es considerada fuente natural de sustancias antioxidantes reconocidas por su papel preventivo en el desarrollo de enfermedades degenerativas (Bernal *et al.*, 2014). Con frecuencia estos compuestos acumulados en la pulpa de frutas rojas tienen la capacidad de inhibir o interrumpir reacciones generadoras de radicales libres y daño de tejidos (Macheix

et al., 1990). Por ello, el uso de recubrimientos comestibles que incorporen sustancias activas, los convierte en envases eficaces para su conservación, el mantenimiento estructural del producto y el control de procesos metabólicos (Tanada and Grosso, 2005), lo cual sigue siendo tema de interés para la Universidad del Tolima por su efecto sobre la calidad del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de mora en grado de madurez 5, procedentes de cultivo tratado a nivel foliar con óxido de calcio (CabTrac Yaravita) al 0,16%, fueron recolectados en la vereda El Retiro del Municipio de Ibagué, desinfectados con ácido cítrico (1.2%) y recubrimientos en base a la técnica dipping (Rojas-Grau *et al.*, 2007) con matrices multicomponente a base de Goma Gellan (0,5%), Gelatina (0,2%), Caseína de Merck (0,1%) y Goma Gellan (0,5%), Gelatina (0,2%) y Caseinato de Calcio grado alimenticio (0,1%), combinados con glicerol (0,1%), aceite de canola (0,025%), natamicina (5mg/ml) y Tween 80 (0,25%). Los frutos recubiertos, secos y empacados en tarrinas PET perforadas al (10%), fueron refrigerados ($4 \pm 1^\circ\text{C}$ y $75 \pm 5\%$ HR) durante 17 días y evaluados en sus parámetros funcionales.

Parámetros evaluados. La determinación de la capacidad antioxidante (AA), fenoles totales (FT) y antocianos monoméricos totales (AMT), se realizó en un espectrofotómetro UV-Vis GENESYS 6. Para el contenido de AA (Kuskoski *et al.*, 2004) se empleó el radical ABTS a absorbancia máxima de 754nm, los resultados obtenidos fueron expresados en mgEQV-Ácido Ascórbico/100gFF. La cuantificación de FT (Shaghghi *et al.*, 2008) se realizó empleando el reactivo Folin-Ciocalteu a absorbancia de 750nm, con expresión en mgEQV-Ácido Gálico/100gFF y los AMT (Lee, 2005) se determinaron con 2 sistemas tampón pH 1 y 4,5 (± 0.05) y mediciones de absorbancia a 520 y 700nm, reportados como mgEQV-Cyanidina-3-glucosido/100 g FF). Los resultados obtenidos por cuadruplicado, fueron analizados mediante ANOVA-MANOVA y

LSD con un nivel de confianza del 95%; en paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión XV.II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos recubiertos con TCA y TCC registraron incrementos en AA durante el tiempo de almacenamiento, mientras TB presento una disminución del 27,18% durante el mismo periodo. Los mayores contenidos de estos compuestos se presentaron en TCA, lo cual puede estar relacionado con la pérdida de peso y evolución de la maduración. En general los productos evidenciaron un sistema de defensa contra agentes oxidantes (9) y contaminantes como *Botrytis Cinérea*, menor deterioro y mayor vida en anaquel. TB inicio su proceso de sobremaduración a los 7 días de almacenamiento, generando disminución en su AA por descomposición química de los compuestos cromóforos que con frecuencia son atacados por agentes con AA presentes en el mismo fruto (Sánchez, 2012). El contenido de FT es mayor en TCC, lo cual se atribuye a

mayor actividad enzimática en la biosíntesis de compuestos fenólicos (Angulo, 2013). A partir del día 7 inicio el proceso de deshidratación y ablandamiento parcial de los frutos induciendo a una reducción de FT por deterioro natural de la fruta. La evolución de FT y la AA fue muy similar en TCA a diferencia del comportamiento en TCC. Algunos autores han relacionado la acumulación de compuestos fenólicos con el incremento en la capacidad antioxidante en plantas y frutas (Reyes y Cisneros 2003), en este caso el aumento de AMT en TCC, permite suponer que el pH y estructura del material biodegradable regulan la actividad enzimática, acción oxidativa del oxígeno y procesos fisiológicos conducentes a la degradación de estos compuestos funcionales. En general el ANOVA estableció que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos, para los valores promedio de compuestos funcionales. (Figura. 1)

CONCLUSIONES

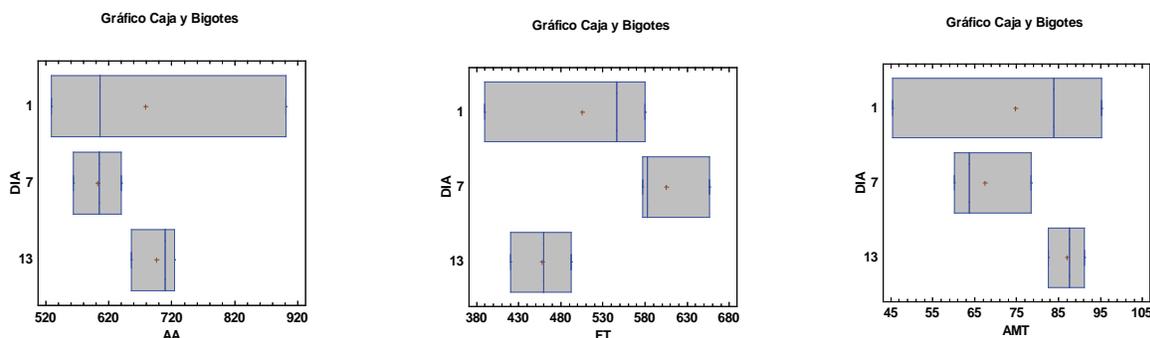


Figura 1. Comportamiento de compuestos funcionales en mora de castilla recubierta con TCA y TCC.

El incremento en los compuestos funcionales de los frutos recubiertos con TCA y TCC, indican que las formulaciones de las matrices multifuncionales de los recubrimientos comestibles empleados, contribuyen significativamente en su estabilidad metabólica durante el almacenamiento. La disminución de estos compuestos en TB ratifica su susceptibilidad a la degradación durante el almacenamiento. La conservación del producto en óptimas condiciones durante 13 días y la posibilidad de almacenamiento hasta 17 días sin presencia de hongos, ni fermentación pone de manifiesto que debe continuarse con su estudio y proyección comercial, más aún si se tiene en cuenta que otros recubrimientos y técnicas de almacenamiento en fresco solo garantizan 7 días de conservación bajo condiciones de refrigeración.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo J., 2013. Efecto de la radiación uvc sobre el contenido de compuestos antioxidantes de mora de castilla (*rubusglaucus*) sin espinas. Trabajo de grado Ingeniera de Alimentos. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito. 46p.
- Bernal, L., L. Melo and C. Diaz. 2014. Evaluation of the Antioxidant Properties and Aromatic Profile During Maturation of The Blackberry (*RubusglaucusBenth*) and The Bilberry (*Vacciniummeridionale Swartz*). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 67(1): 7209-7218.
- Kuskoski, E., A.G. Asuero, M. García-Parilla, A. Troncoso y R. Fett. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianícos. Ciência y Tecnología de Alimentos. Campinas 24(4): 691-693.
- LEE, J., 2005. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the Ph Differential Method: Collaborative Study. Journal of AOAC International 88 (5): 1269-1278.

Macheix, J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. "Fruit phenolics" pp. 39-41; 160-162. CRC Press, Florida, USA. 381p.

Perkins-Veazie, P., J.R. Clark, D.J. Huber and E.A. Baldwin. 2000. Ripening physiology in 'Navaho' thornless blackberries: Color, respiration, ethylene production, softening, and compositional changes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 125 (3): 357-363.

Reyes, L.F. and L. Cisneros-Zevallos. 2003. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(18): 5296-5300.

Rojas-Grau, M.A., M.S. Tapia, F.J. Rodriguez, A.J. Carmona and O. Martin-Belloso. 2007. Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple. *Food Hydrocolloids* 21(1): 118-127.

Sánchez, D. 2012. Estudio del potencial antioxidante de la mora

(rubusglaucusbenth) y sus cambios en función del proceso de maduración y bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. Tesis Magister en Ciencias Químicas. Facultad De Ciencias. Universidad Nacional De Colombia. Bogotá D.C. 4p.

Shaghghi, M., J. Manzoori and N.A. Jouyba. 2008. Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method. *Food Chemistry*. 108 (2): 695-701.

Tanada, S.P and C. Grosso. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*. 36 (2): 199-208.

Influencia de la Presión Sobre la Calidad de Banano Bocado (*Musa acuminata Colla*) Osmodeshidratado

Influence of Pressure on the Quality of Baby Banana (*Musa acuminata Colla*) Osmodehydrated

Angela María Ormaza Zapata¹; Alfredo Adolfo Ayala Aponte²

1 Profesora auxiliar, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas.
angela.ormaza@ucaldas.edu.co

2 Profesor asociado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle.
alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

Resumen. La deshidratación osmótica (DO) se aplica principalmente en frutas y hortalizas como alternativa de conservación, y es un proceso de bajo costo y de procesamiento mínimo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la presión (Atmosférica y vacío) sobre parámetros de calidad de muestras osmodeshidratadas de banano bocado, como contenido de humedad (CH), actividad de agua (a_w), el cambio de volumen ($\Delta V\%$) y el color en términos de variación de pureza de color (ΔC^*) y de tono (ΔH°). La DO se realizó con soluciones de sacarosa de 55°Brix a 28°C. La aplicación de pulsos de vacío mostró un aumento significativo ($p < 0,05$) de la estabilidad (menor CH y a_w), menores cambios de color e incrementó la $\Delta V\%$ de muestras de banano bocado.

Palabras clave: Ósmosis, pulso de vacío, color, actividad de agua, volumen.

Abstract. Osmotic dehydration (OD) is applied mainly in fruits and vegetables and can be an alternative of conservation and reduction of postharvest losses, being a process of low-cost and minimal processing. The aim of this study was to evaluate the effect of pressure (Atmospheric and vacuum) on the quality parameters of osmodehydrated baby banana samples, as moisture content (MC), water activity (a_w), the

volume change ($\Delta V\%$) and the color in terms of variation of color purity (ΔC^*) and hue (ΔH°). The OD was performed with sucrose solutions of 55°Brix at 28°C. The application of vacuum pulses showed a significant increase ($p < 0.05$) of stability (low CH and a_w), minor color changes and increased the $\Delta V\%$ of baby banana samples.

Key words: Osmosis, vacuum pulse, color, water activity, volume

INTRODUCCIÓN

El banano bocado es un fruto exótico que se diferencia del banano común o Cavendish por ser de menor tamaño y mayor contenido en azúcar, además de su contenido en fibra y vitaminas (Grupo Eurobanan, 2011). La DO es una alternativa de conservación de frutas y hortalizas, debido a que es un proceso no térmico. Consiste en la extracción de agua de un producto que es sumergido en una solución hipertónica por tiempo y temperatura específicos (Ayala *et al.*, 2010). Las ventajas de la DO están en la retención de color, sabor, aromas y compuestos bioactivos, entre otras propiedades (Chiralt y Talens, 2005). El proceso se puede realizar a presión atmosférica (PAT) o a presión o pulso de vacío (PV); a PV se puede obtener mayor

cinética de deshidratación, menor a_w y mayor retención del color y sabor, entre otras propiedades. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la presión sobre algunas propiedades fisicoquímicas (CH, a_w , color (C^* y H°) y ΔV) relacionadas con calidad banano bocadillo osmodeshidratado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon bananos bocadillo (*Musa acuminata* Colla) con $^\circ$ Brix entre 20-24. Se cortaron en rodajas de 23mm de diámetro y 5mm de espesor. Las muestras se osmodeshidrataron en una solución osmótica (SO) de sacarosa a 55 $^\circ$ Brix a 30 $^\circ$ C con agitación de 800 rpm y una relación fruta:SO de 1:20. Se evaluaron 2 niveles de presión; PAT (90 kPa) y pulso de vacío (PV) de 7 kPa. El PV se aplicó duración 7 min y posteriormente se siguió la DO a PAT. Se empleó un deshidratador osmótico (Centricol S.A., Col). La DO se evaluó a diferentes tiempos de DO (0, 30, 60, 240 y 300 min). La a_w se midió con un Decagón (CX-1, USA) a 25 $^\circ$ C. El CH se obtuvo con el método AOAC 20.013 (1980). El volumen (V) se obtuvo por medio de un calibrador digital (Bull Tols, USA) y el ΔV (%) mediante la Ecuación 1. El color de las muestra se midió con un HunterLab (USA), empleando el iluminante D65 y el observador 10 $^\circ$ para calcular

el ángulo de tono (H°) y la cromaticidad (C^*) (Ecuaciones 2 y 3) antes y después del proceso de DO.

$$\Delta V = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100 \quad (1)$$

$$H^\circ = \tan^{-1}(b/a) \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

Donde, V_0 y V_f es el volumen inicial y final de la muestra, respectivamente. Los resultados se evaluaron mediante el ANOVA con el programa Statgraphics Centurion XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento con PV mostró significativamente ($p < 0,05$) menor a_w y secado más rápido (menor CH) durante la DO que el tratamiento a PAT (Figura 1), debido a que durante el PV interviene el mecanismo hidrodinámico, facilitando mayor pérdida de agua y disminución de la a_w comparado con el mecanismo difusional a PAT (Fito y Pastor, 1994). Comportamiento similar fue observado por Ayala *et al.*, (2010) y Chiralt y Talens, (2005). Puede notarse en la Figura 2, que el PV incrementó significativamente ($p < 0,05$)

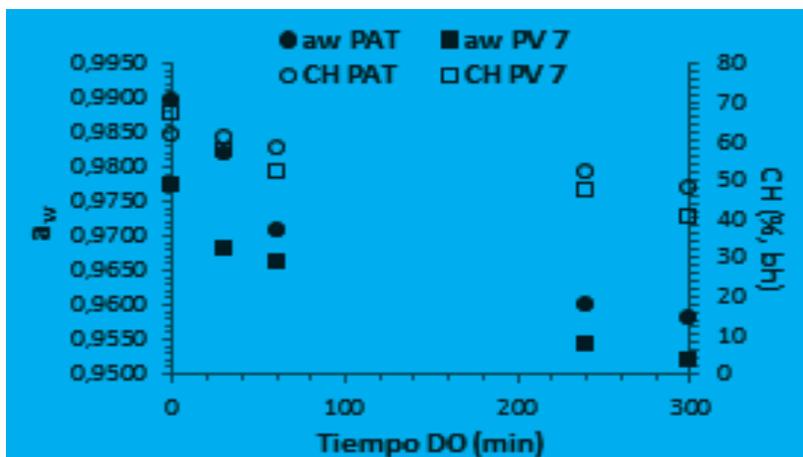


Figura 1. Variación de la a_w y del CH de banano bocadillo osmodeshidratado.

la pérdida de volumen (ΔV) respecto a PAT; este incremento puede ser atribuido al proceso de extracción del gas ocluido en el poro del tejido durante el vacío y posterior salida de agua provocando el colapso o encogimiento en la estructura matriz del alimento (Chiralt y Talens, 2005).

Con respecto a las propiedades ópticas, el PV favoreció al color en términos de pureza de color (C^*) y tonalidad (H°). En la Figura

3 se observa que la variación de la pureza de color (ΔC^*) fue significativamente ($p < 0,05$) mayor en las muestras con PV que a PAT. Este comportamiento significa que las muestras con PV mostraron mayor viveza o mayor concentración de pigmentos característicos del banano. Con respecto a la variación del tono (ΔH°) (Figura 4), el PV provocó menores cambios, lo cual indica que las muestras no presentaron significativamente

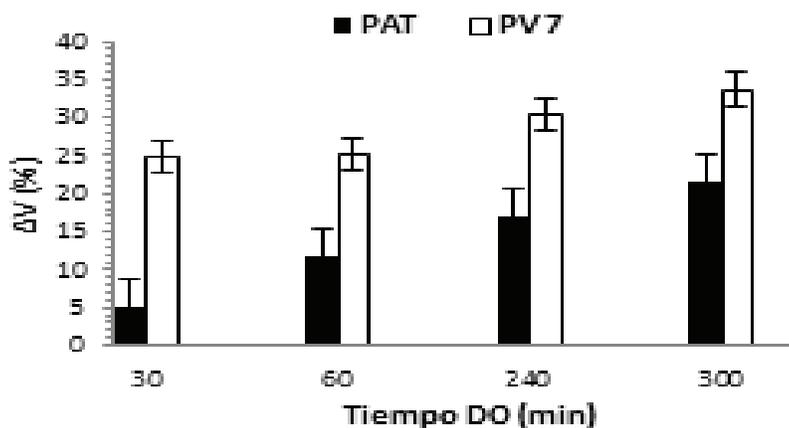


Figura 2. Variación del cambio de volumen de banano bocadillo osmodeshidratado.

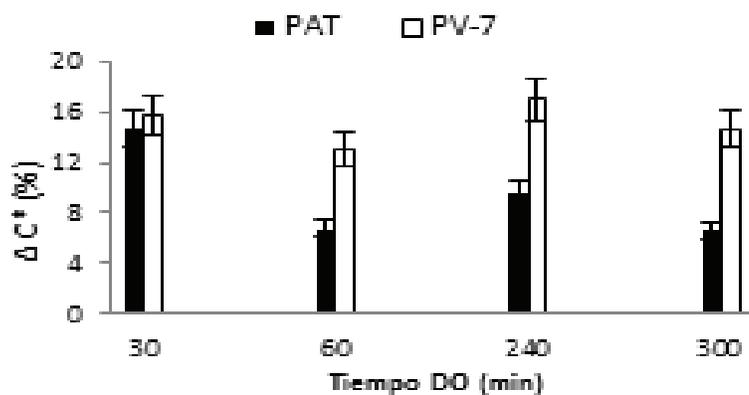


Figura 3. Variación de la cromaticidad

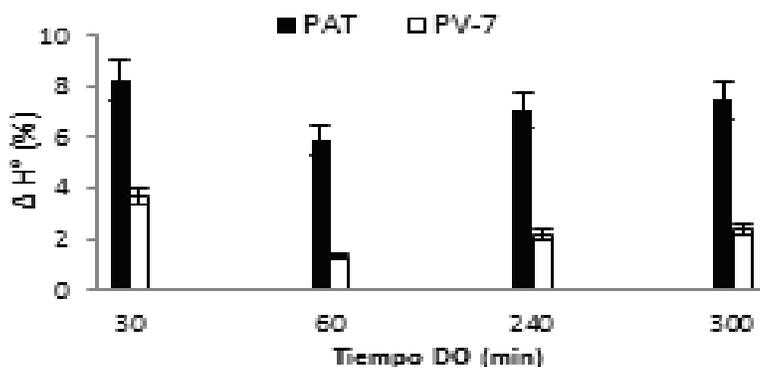


Figura 4. Variación de la tonalidad.

($p > 0,05$) variaciones en su color típico (amarillo claro); mientras que las muestras deshidratadas a PAT mostraron mayores cambios (desde 5.86 hasta 8.27%), variando del amarillo claro hacia el anaranjado. Este comportamiento a PAT es un indicador de la degradación de pigmentos y pardeamiento durante la DO. El efecto positivo del PV en el color del banano está asociado a la mayor pérdida de agua y en consecuencia mayor concentración de pigmentos que influyen positivamente en la cromaticidad y el tono del bananito osmodeshidratado. Comportamiento similar fue reportado por otros investigadores (Castelló *et al.*, 2010; Chiralt y Talens, 2005).

CONCLUSIONES

Se evidenció que la aplicación de un pulso de vacío de 7 kPa en la DO de bananito favoreció significativamente ($p < 0,05$) su estabilidad al disminuir la a_w y el nivel de humedad, así mismo favoreció el color con mayor pureza de color y menor cambio de tonalidad. Sin embargo afectó la estructura del bananito con mayor encogimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. Moisture determination. Method 20.013. 13th ed. Washington DC.:361-362p.
- Ayala-Aponte, A.A., Giraldo-Cuartas, C.J. and Mosquera, E.V. 2010. Cinéticas de deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Interciencia* 35(7): 539-544.
- Castelló, M.L., P.J. Fito and A. Chiralt. 2010. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *Journal Food Engineering* 97(1): 64-71.
- Chiralt, A. and P. Talens. 2005. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal Food Engineering* 67(1): 167-177.
- Fito, P. and R. Pastor. 1994. On some non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal Food Engineering* 21(4): 513-519.
- Grupo Eurobanan. 2011. En: Frutas tropicales y exóticas, <http://www.eurobanan.com/index.php?pagina=categorias>, 10 p.; consulta: Noviembre 2011.

Efecto de la Absorción de Agua Sobre la Textura Durante la Cocción de Papa Amarilla (*Solanum tuberosum*)

*Effects of Water Absorption on Texture during Cooking Yellow Potato (*Solanum tuberosum*)*

Patricia Millán Cruz¹; Alejandro Fernández Quintero¹; Dominique Dufour²

¹ Escuela de Ingeniería de Alimentos Universidad del Valle, Cali, Colombia.

patricia.millan@correounivalle.edu.co

² Centre de Recherche Agronomique pour le Developpement, CIRAD, Montpellier, France

Resumen. El objetivo de este trabajo fue relacionar los cambios en la textura y la absorción de agua durante la cocción en exceso de agua de papa amarilla (*Solanum tuberosum*) a tres temperaturas (60, 86 y 96°C). Los resultados muestran que la temperatura de cocción incidió en la disminución de la dureza y en el incremento del contenido de agua del producto cocido. La cocción a 60°C y 30 min, disminuyó la dureza en un 32% e incrementó el grado de hidratación en un 5,4%. Por otro lado, la disminución de la dureza alcanzó el 94% a 86°C y el 96% a 96°C, con una absorción de agua de 8,21 y 6,1 g/100 g base fresca, respectivamente. Lo anterior indica que hay una relación entre la pérdida de la dureza y la absorción de agua.

Palabras clave: Fuerza de compresión, hidratación, gelatinización.

Abstract. The objective of this study was to relate the changes in the texture and water absorption during yellow potato (*Solanum tuberosum*) cooking in excess water at different temperatures. The results show that the cooking temperature decreased the hardness and increased the water content of the cooked product. A decrease of the hardness of 32% and a degree of hydration of 5.4% was obtained at 60°C y 30 min of cooking. In contrast, the decrease of the hardness reached 94% at 86°C and 96% at 96°C, with water absorption rates of 8.21 and 6.1g/100g fresh base respectively. The previous results indicate that there is a relation between hardness and water absorption.

Key Words: Compression strength, hydration, gelatinization

INTRODUCCIÓN

La papa amarilla siempre debe tratarse mediante un proceso térmico como la cocción, antes de su uso; la textura y la apariencia son particularmente importantes para el consumidor. Durante la cocción, los productos absorben alguna cantidad de agua que resulta en última instancia en el ablandamiento de la pulpa. La cantidad de agua absorbida a menudo depende en cierta medida de la duración de la

cocción, el cultivar y otros factores. El principal ingrediente de la papa amarilla es el almidón, carbohidrato capaz de retener agua durante el proceso de cocción. Durante el tratamiento hidrotérmico el agua es absorbida por el almidón y otros carbohidratos como las fibras solubles e insolubles de las paredes celulares (Beleila *et al.*, 2004), lo cual produce hidrólisis y solubilización de la pared celular (Alvarez y Canet, 2001). Por lo general, las buenas cualidades de cocción de un producto vegetal con alto contenido de almidón, pueden estar relacionados con una firmeza alta y un potencial de absorción de agua bajo. De ahí que estos parámetros deben determinarse. Maximizar o minimizar la calidad durante el tratamiento térmico requiere un conocimiento previo del comportamiento del material durante la cocción. El objetivo de este trabajo fue relacionar los cambios de textura y la absorción de agua durante la cocción de papa amarilla a tres temperaturas y diferentes tiempos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como materia prima se utilizó papa amarilla variedad Colombia proveniente del corregimiento Barragán (Tuluá-Valle del Cauca). El producto se peló manualmente y se cortó en piezas cúbicas de 2 cm³. Las muestras fueron sometidas a cocción con una relación producto-agua de 1:6; el agua fue previamente calentada a 60, 86 y 96°C, en un baño termostático (Julabo TW8). El cambio de textura en la papa por el tratamiento térmico en la cocción se midió con un texturómetro Shimadzu EZ Test, acondicionado con una celda de carga de 500N. Las muestras se comprimieron uniaxialmente, utilizando un disco de 4 cm., de diámetro. La velocidad de compresión se programó en 5 mm/min., y la deformación de las muestras se llevó hasta el 30% de su altura. La textura se expresó como dureza, la cual representa la fuerza resultante al comprimir la muestra al nivel de deformación establecida. Cada dato es el promedio de 12 medidas. Para la determinación de materia seca se tomó 10 g de las piezas crudas y cocidas, se secaron durante 12 h a 105 °C en estufa de convección forzada.

Los resultados de absorción de agua, se expresaron por diferencia de peso efectuándose la corrección por pérdida de sólidos solubles (Beleia y Butarelo, 2004). El ensayo se realizó por triplicado. El análisis de varianza ANOVA se realizó empleando el programa estadístico MINITAB 14, con una confiabilidad del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El parámetro textural de la dureza disminuyó con el incremento del tiempo y la temperatura, con un rápido descenso en los primeros minutos (Figura. 1).

La pérdida significativa ($p < 0,05$) de la textura de las muestras se observa en la Figura 1. Con una reducción del 32% después de 30 min a 60°C; 83% a 86°C y 10 min y del 94% a 96°C y 4 minutos de cocción. En el análisis del cambio en el contenido de agua, el tiempo de cocción influyó significativamente en la absorción de agua ($p < 0,05$). El contenido de agua aumentó en todas las condiciones

utilizadas en este trabajo, excepto en los primeros 5 min a 60 °C. Los resultados de absorción de agua fueron $5,40 \pm 0,51$ g/100g peso fresco a 60 °C y 30 min, $8,21 \pm 0,64$ g/100g a 86°C y 10min y de $6,10 \pm 0,10$ g/100g en peso fresco a 96 °C y 4 min de cocción. Como se observa a 60 °C la reducción de la textura y la absorción de agua son más bajas comparadas con temperaturas más altas, indicando de esta manera que la velocidad de absorción de agua es mayor a temperaturas más altas generando un producto con menor textura. El agua se absorbe por el almidón cuando llega a la temperatura de gelatinización y continúa el proceso de absorción por las fibras solubles del producto vegetal. Verlinden *et al.*, (1995), concluyeron que la cocción de la papa es más rápida cuando el almidón llega a la temperatura de gelatinización (67,5°C), mientras que a temperatura de 60 °C, los períodos de cocción son 10 veces más largos resultado de una gelatinización del almidón insignificante.

CONCLUSIONES

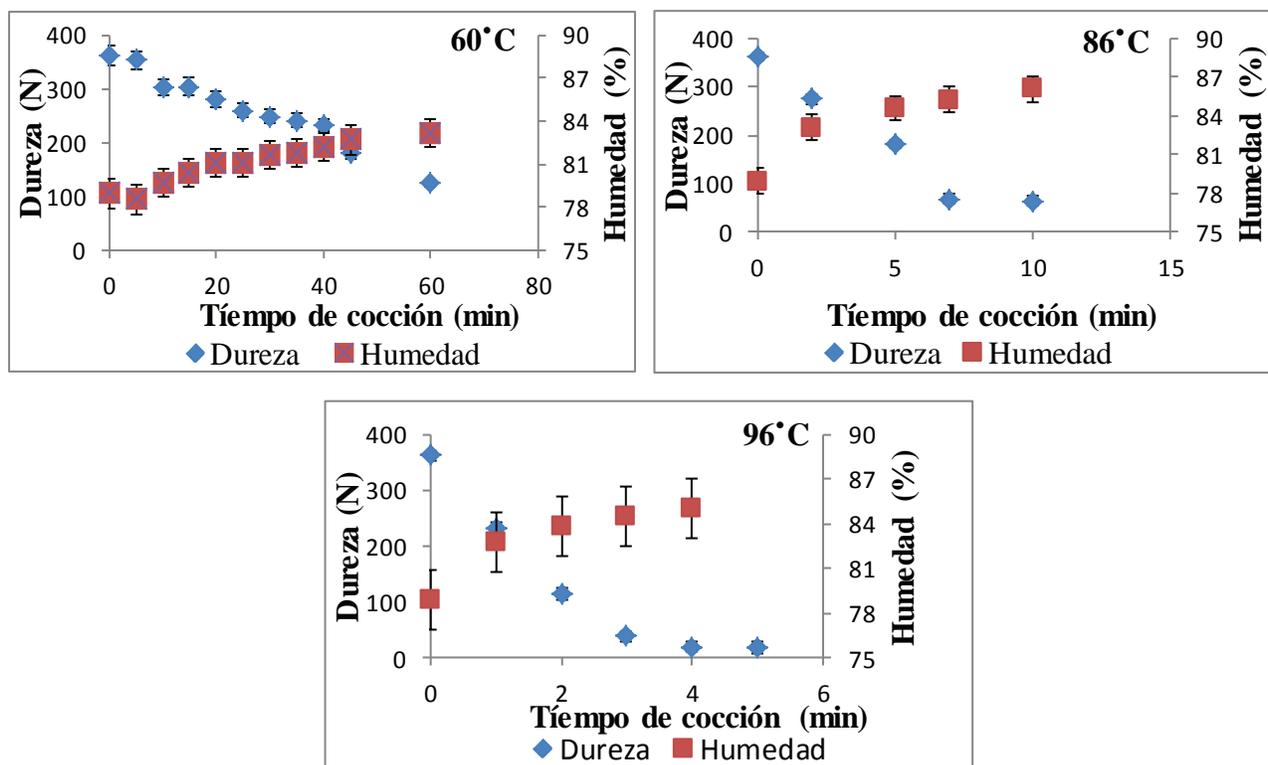


Figura 1. Variación de la dureza y humedad con relación al tiempo de cocción a las condiciones de temperatura indicadas.

Las curvas de dureza versus tiempo mostraron un cambio de textura con el tiempo de cocción, con un rápido descenso inicial, simultáneamente la absorción de agua aumenta rápidamente en el inicio de la cocción y luego se aproxima asintóticamente a un valor de equilibrio. Cuanto más rápida es la hidratación la textura es menor.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, M.D y W. Canet. 2001. Kinetics of Thermal Softening of Potato Tissue Heated by Different Methods. *Eur Food Res Technol*, 212 (4): 454 – 464.

Beleila, A., K.C. Ito, S.S. Butarelo, I.C. Fonseca and A.

Beleia. 2004. Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 24 (3): 311-315.

Verlinden, B.E., B.M. Nicolaï. and J.D. Baerdemaeker. 1995. The starch gelatinization in potatoes during cooking in relation to the modelling of texture kinetics. *Journal of Food Engineering* , 24 (2): 175 – 179.

Procesamiento y Aceptabilidad de Bebida Láctea Sabor Maracuyá Enriquecida con Hierro

Processing and Acceptability of Passion Fruit Flavor Milk Drink Enriched with Iron

Pedro Ismael Cornejo Mujica¹; Irene Rodrigues Freitas²;
Iris S. Pereira Morais¹; Eduardo Sousa dos Anjos¹

¹ Universidade Federal do Tocantins – Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados – Av. NS15 ALCNO 14–Centro 77020-210 Palmas –TO, Brasil. pedroysmael@yahoo.com.br

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos 15054000 – São José do Rio Preto, SP, Brasil. irifreitas@yahoo.com.br

Resumen. La preferencia del consumidor por alimentos saludables, innovadores, seguros y prácticos, contribuye en el crecimiento de la industria de bebidas lácteas. El presente estudio tiene como objetivo elaborar una bebida láctea con adición de pulpa de maracuyá y enriquecida con hierro. Fueron elaboradas tres formulaciones de bebida láctea con diferentes concentraciones de pulpa de maracuyá (5, 10 y 15%), a las cuales se les aplico una prueba de aceptación sensorial e intención de consumo. Las bebidas lácteas presentaron características sensoriales adecuadas en relación al sabor, aroma, textura y calidad global. La formulación con 10% de pulpa de maracuyá y hierro, obtuvo la mayor aceptación, intención de consumo y calidad global. La adición de hierro a la pulpa de maracuyá influyó en la aceptación sensorial, intención de consumo y calidad global de las bebidas lácteas elaboradas. La bebida láctea adicionada de pulpa de maracuyá y hierro presenta un gran potencial de inserción en el mercado.

Palabras clave: Suero de leche, maracuyá, desarrollo de producto, análisis sensorial

Abstract. The consumer preference for healthy, innovative, safe and practical food contributes to the dairy beverages industry growth. The present study aims to develop a milky drink added

with passion fruit pulp and iron-fortified. Three formulations were prepared of milk drink with different concentrations of passion fruit pulp (5, 10 and 15 %), to which were applied a sensory test acceptance and intention consumer. Milk drinks showed adequate in relation to the flavor, aroma, texture and overall quality sensory characteristics. The formulation with 10% passion fruit pulp and iron, gained greater acceptance, intention to use and overall quality. The addition of iron to the passion fruit pulp influenced the sensory acceptance, intention to use and overall quality of produced milk drinks. The milk beverage added with passion fruit pulp and iron presents great potential for entering the market.

Key words: Whey, passion fruit, product development, sensory analysis.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche en el Brasil se destaca como una de las actividades más importantes en términos económicos, debido al alto valor nutricional de la leche y derivados, y su gran importancia social. Entre los productos lácteos, el queso es un producto que se destaca, por la variabilidad de sus atributos intrínsecos y extrínsecos (ABIQ, 2011).

El suero de leche es una porción acuosa liberada del coágulo durante la fabricación de quesos, es un líquido rico en componentes nutricionales, incluyendo proteínas solubles, sales y principalmente lactosa. Representa de 90 a 95% del total del procesamiento del queso, debido a la gran proporción de ese residuo y su calidad nutricional constituye un producto atractivo para la industria de alimentos destinado al consumo humano, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental, debido a que el suero tiene un alto contenido de materia orgánica (Silva *et al.*, 2010). La formulación de bebida láctea ha sido una buena alternativa para el aprovechamiento del suero de leche, debido a la simplicidad del proceso y aprovechamiento de los equipamientos previamente disponibles en la industria láctea.

Considerando el valor nutritivo y las propiedades funcionales del suero de leche, resulta importante el aprovechamiento integral de este residuo en el desarrollo de productos de alto valor nutritivo, contribuyendo de esta forma a optimizar la utilización del mismo, bien como a aumentar la lucratividad de la industria de lácteos. El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una bebida láctea con adición de pulpa de maracuyá y enriquecida con hierro.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material. Fue utilizado el suero proveniente de la elaboración de queso. Los demás ingredientes: pulpa pasteurizada y congelada de maracuyá, espesante, sacarosa y hierro fueron adquiridos en el comercio de Palmas – TO, Brasil.

Elaboración de la bebida láctea. Fueron elaboradas tres formulaciones de bebida láctea, siendo utilizadas diferentes concentraciones de pulpa de maracuyá (5, 10 y 15%), entretanto, la adición de leche, hierro, suero y espesante (carragenina) al producto fue estandarizada para las tres formulaciones.

Análisis sensorial. Fue aplicada la prueba de aceptación sensorial, utilizando la escala hedónica estructurada de 9 puntos, variando de disgustó muchísimo (nota 1) a gustó muchísimo (nota 9) (Minim, 2006). La intención de consumo fue investigada a través de la prueba de intención de compra. Fue utilizada una ficha de evaluación compuesta por una escala estructurada de 5 (cinco) puntos, que varía de ciertamente no compraría (nota 1) a definitivamente compraría (nota 5) (Minim, 2006). Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad Federal do Tocantins. Fueron utilizados 40 panelistas no entrenados.

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis sensorial. En la Tabla 1, están descritas las notas medias de la prueba de aceptación sensorial

Tabla 1. Notas medias de la prueba de aceptación sensorial.

Formulaciones	Atributos Sensoriales			
	Aroma	Sabor	Textura	Calidad Global
F1	8,20a	8,25a	8,39 a	8,32 a
F2	8,97b	9,02b	8,98b	8,90 b
F3	8,43 a	7,66 a	8,40a	8,08 a

*Medias con letras iguales, en la misma columna, no difieren estadísticamente entre sí ($p > 0,05$).

Conforme a la Tabla 1, fueron observadas diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las formulaciones en relación a los atributos aroma, sabor y textura, esto puede ser probablemente debido a que la adición de pulpa de maracuyá y hierro influenciaron significativamente en esos atributos sensoriales.

En relación a los atributos aroma, sabor y textura, así como en la calidad global, la formulación 2 (10% de pulpa de maracuyá) presentó las mayores notas medias atribuidas por los panelistas, esto puede ser probablemente atribuido a la proporción de pulpa de maracuyá adicionada.

Santos *et al.*, (2008) también utilizaron la escala hedónica de nueve puntos para la evaluación sensorial de diferentes formulaciones de bebidas lácteas fermentadas. Los resultados encontrados de las formulaciones de bebidas lácteas con pulpa de mango con 20, 40, 60 y 80% de suero, obtuvieron puntajes medios de 7,2, 7,8, 5,5 y 4,8, respectivamente. Los resultados encontrados en este trabajo están próximos a los observados por Santos *et al.*, (2008). Los resultados de la prueba de intención de consumo son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Notas medias de la prueba de intención de consumo.

Prueba	Formulaciones		
	F1	F2	F3
Intención de Consumo	3,35a	4,30b	3,07a

Medias seguidas por la misma letra en la línea no difieren estadísticamente entre sí ($p > 0,05$).

De acuerdo con la Tabla 2, fueron observadas diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las formulaciones en relación a la intención de consumo, esto puede ser probablemente

debido, a que la proporción de pulpa de maracuyá adicionada y el hierro influyeron significativamente en la actitud de compra de los probadores. En relación a la intención de consumo, la formulación 2 (10% de pulpa de maracuyá) presentó las mayores notas medias atribuidas por los probadores, esto puede ser probablemente debido a la proporción de pulpa de maracuyá adicionada.

La escala de actitud (FACT) es una técnica que mide el grado de aceptación del producto con base en actitudes de los consumidores en relación a la frecuencia en que estarían dispuestos a utilizar/consumir el producto en un determinado período. La intención de compra del consumidor es un proceso decisivo y complejo, influenciado por varios factores, incluyendo precio, conveniencia y marketing, siendo las características sensoriales determinantes en su decisión (Meilgaard *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

Las bebidas lácteas presentaron características sensoriales adecuadas en relación al sabor, aroma, textura y calidad global. La formulación con 10% de pulpa de maracuyá y hierro, obtuvo la mayor aceptación, intención de consumo y calidad global. La adición de pulpa de maracuyá y hierro influyó en la

aceptación sensorial, intención de consumo y calidad global de las bebidas lácteas elaboradas. La bebida láctea adicionada de pulpa de maracuyá y hierro presenta grande potencial de inserción en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

- Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. 2011. Produção brasileira de produtos lácteos e estabelecimentos sob inspeção federal. São Paulo. 85p.
- Meilgaard, M., G.V. Civille and B.T. Carr. 1999. Sensory evaluation techniques. Third edition, New York, CRC, 281 p.
- Minim, V. P. R. 2006. Análise Sensorial: estudo com consumidores. Viçosa, UFV, 225p.
- Santos, C. T., A.R. Costa, G.C.R. Fontan, R.C.I. Fontan, and R.C.F. Bonomo. 2008. Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida láctea fermentada com polpa de manga. Alimentos e Nutrição. 19(1): 55-60.
- Silva, E. V. C., L.F.P.S. Medeiros, D.B. Monteiro and G.F.S Silva. 2010. Elaboração de bebida láctea pasteurizada sabor bacuri enriquecida com pólen. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. 4 (1):1-9.

Efecto de la Deshidratación Osmótica en el Secado y en la Aceptabilidad de la Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal)

Effect of Osmotic Dehydration in Drying and Acceptability Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal)

Luty Gomez Cáceres Perez¹; Francisca Martha Nascimento de Oliveira²
Angélica Torregrosa³; Jerusa Zousa Andrade⁴

1 Docente Corporación Universitaria del Caribe, CECAR, Sincelejo. Lutygo@hotmail.com

2 Docente Universidad Nilton Lins, Manaus, Brazil, fmarthaagri@hotmail.com.

3 Investigadora Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonia, INPA Manaus, Brazil, andrade@inpa.gov.br

4 Docente Corporación Universitaria del Caribe, CECAR, angelica.torregrosa@cecar.edu.co

Resumen. El presente trabajo fue desarrollado con el objetivo de estudiar el secado en horno de rodajas de cocona previamente deshidratadas en soluciones osmóticas mixtas de diferentes concentraciones de cloruro de sodio y azúcar, en proporciones en porcentaje de: 20/80; 17/83; 14/86; 12/88 respectivamente, relación fruto – solución 1:10, temperatura de 27°C. Después de la deshidratación osmótica, las rodajas fueron secadas en horno a 65°C hasta peso constante. Durante el proceso se evaluó la pérdida de peso, humedad y

actividad de agua. Al final se evaluó el contenido de azúcares reductores, acidez y cloruro. El tiempo de secado en horno de las rodajas de cocona fue de seis horas, tiempo óptimo para obtener un producto con una actividad de agua intermedia, todos los tratamientos influyeron en las características de acidez, azúcares, humedad y cloruro.

Palabras clave: Frutos amazónicos, pre tratamiento, soluciones ternarias, cinética.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the drying of sliced cocona previously dehydrated in ternary solution of sodium chloride and sucrose, four different concentrations in percentage 20/80; 17/83; 14/86; 12/88, for fruit –solution of 1:10, temperature 27 °C. After osmotic dehydration of cocona, the slices were dried in an oven at 65°C until constant weight. During the process the loss of weight, moisture and water activity were evaluated as such as the contents of reducing sugars, acidity and chloride. The drying time of cocona slices is six hours; all treatments had positive effects on the characteristics of acidity, sugars, moisture and chloride

Key words: Amazonian fruits; pretreatment; kinetic.

INTRODUCCIÓN

La región amazónica es rica en frutos poco utilizados para la obtención de nuevos productos. Es necesario usar tecnologías que permitan el uso de estos frutos y así ofrecer alternativas al pequeño productor para que continúe sembrado los frutos de la región. Dentro de estos frutos esta la cocona. Considerada una fruta con alto contenido de fibra soluble y muy acida lo que dificulta su consumo. La cocona como casi todas las frutas tiene un gran porcentaje de humedad, lo que favorece su deterioro. La reducción del contenido de agua puede ser obtenida mediante el secado.

El secado además de ser uno de los métodos de conservación de alimentos más antiguos (Frazier e Weathoff, 1993; Andrade *et al.*, 2003), es importante para disminuir la actividad de agua (aw), lo que favorece su vida útil, pero causa cambios en las características del fruto que muchas veces causan la pérdida del mismo (Camargo, 2003; Baroni, 2004).

La deshidratación osmótica (DO) consiste en la inmersión de un alimento sólido en una solución acuosa que puede ser agua-sacarosa, agua-cloruro de sodio o agua-cloruro de sodio-sacarosa, produciéndose dos flujos de masas simultáneos (Andrade *et al.*, 2003; Souza Neto *et al.*, 2005). Es usada principalmente como pre tratamiento Sereno *et al.*, 2001. El secado precedido de DO, además de favorecer la ganancia de sólido, ayuda la disminución de la acidez, favoreciendo el sabor (Almeida *et al.*, 2006; Márques *et al.*, 2007).

El presente trabajo fue desarrollado con el objetivo de estudiar el secado en horno de rodajas de cocona previamente deshidratadas en soluciones osmóticas mixtas de diferentes concentraciones de cloruro de sodio y azúcar

MATERIAL Y MÉTODOS

Los frutos fueron recolectados maduros, lavados, desinfectados y pelados con una solución caliente de Hidróxido de Sodio al 5%, posteriormente cada fruto fue cortado en cuatro porciones y se les retiraron las semillas.

Las rebanadas fueron sumergidas por cuatro horas en soluciones osmóticas con las siguientes proporciones de sal/azúcar: 20:80; 17:83; 14:86 y 12:87. Equivalentes a los tratamientos 1 (T1), (T2), (T3) y (4) respectivamente.

Deshidratadas las rodajas fueron secadas en horno con circulación forzada, a 65°C, hasta el equilibrio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor pérdida de peso fue en los primeros 180 minutos. Todas las rodajas presentaron una pérdida de peso por encima del 40% en los primeros 180 minutos. Resultados semejantes fueron obtenidos por Sereno *et al.*, 2001. La menor pérdida de peso fue en T2. Figura 1.

En la Figura 2 se observa que la pérdida de humedad es un proceso lento. La pérdida de humedad es igual en todos los tratamientos, este resultado es parecido a los obtenidos Baroni 2004; Sereno *et al.*, 2001.

La aw disminuye en la medida que disminuye la humedad, alcanzando una aw de 0,85 para T1 y T3 a los 360 minutos. Estos datos indican que 360 minutos es un tiempo óptimo para obtener un producto con una aw intermedia.

Evaluación del producto final

El T3 presenta diferencia significativa en la humedad, todos los tratamientos son significativamente diferentes en cuanto al contenido de azúcares, el T1 y T2 difieren significativamente de T2 y T3 en los valores de cloruro.

Tabla 1. Media y desviación estandar de los valores de humedad, azúcares, acidez, y cloruro de rodajas de cocona deshidratadas en diferentes tratamientos, después de 4 horas de proceso.

Tratamientos	Concentraciones (%)*			
	Humedad	Azúcares	Acidez	Cloruro
T1	19,378ab	79,574a	0,7200a	1,917 ^a
T2	17,698 b	65,268 b	0,5600 b	2,046 ^a
T3	22,554a	57,7339 c	0,6566ab	1,522 b
T4	17,843 b	66,0373 b	0,6633ab	1,418 b
Média	19,3684	67,1533	0,6500	1,7259
D. P	4,1764	3,2024	0,1540	0,3763
C.V. (%)	8,2447	1,8233	9,0582	8,3376

*Medias seguidas por letras iguales no difieren entre sí por el test de Tukey (5%)

CONCLUSIÓN

El tiempo de secado de las rodajas de cocona es de seis horas, independiente del tratamiento. En este tiempo las rodajas consiguen perder una gran cantidad de agua y alcanzar una actividad de agua que impide el crecimiento de muchos microorganismos.

Las concentraciones de sacarosa y cloruro de sodio de las soluciones osmóticas utilizadas en los diferentes influyeron significativamente en las características de acidez, azúcares, humedad y cloruro.

AGRADECIMIENTOS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível superior Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA).

BIBLIOGRAFIA

- Association of Official Analytical Chemists.1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: A.O.A.C.
- Camargo, G. A., N.N. Haj-Lsa and M. R. Queiros. 2007. Avaliação da qualidade do tomate de mesa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 11(15):521-526.
- Camargo, G.A. 2003. Processo produtivo de tomate seco: Novas Tecnologias Manual Técnico. En: Memórias Workshop tomate na UNICAMP: pesquisas e tendências Campinas.
- Córdova, K.R.V. 2006. Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã fuji comercial e industrial. Tesis: Magister em Tecnología de Alimento. Sector tecnologia. Universidad federal de Paraná, Brasil, 148p.
- Fava, A.R.2004. FEA é a referência em melhoria de alimentos. En: Journal da UNICAMP, <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp.1p>.; Consultada: febrero 2014
- Fernández, I. 2011. Estudio de Mercado Snacks (frutos secos) en Colombia. En: Prochile, <http://www.prochile.gob.cl/>. 26p., Consulta; Marzo 2014.
- Marqués, L. F., M.E.M. Duarte, M.E. Rangel, M.C. Mata, L. de S. NUNES, Costa, T. D.PB. de S. Costa y S.T.G. Duarte.2007 Secagem precedida de desidrataçao osmótica de pseudofruto de caju: Comparação entre modelos matemáticos Aplicados. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 9(2):161-170.
- Romero-Peña, L.M., T.G. Kieckbusch. 2003. Influência das condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. Brazilian Journal of Food Technology. 6(1): 69-76.
- Souza Neto, M. A., G.A. Maia, J.R. Lima, R.W. Figueiredo, M.S.M. Souza Filho, A.S. Lima. 2005. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. Ciência e Agrotecnologia 29(5): 1021-1028.

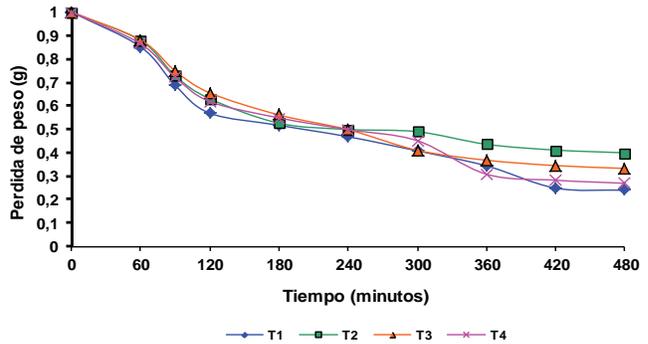


Figura 1. Curva de pérdida de peso en función del tiempo de rodajas de cocona deshidratada en soluciones ternarias de diferentes concentraciones de sal y azúcar. 20 /80 (T1); 17/83 (T2); 14/86 (T3) e 12/88 (T4).

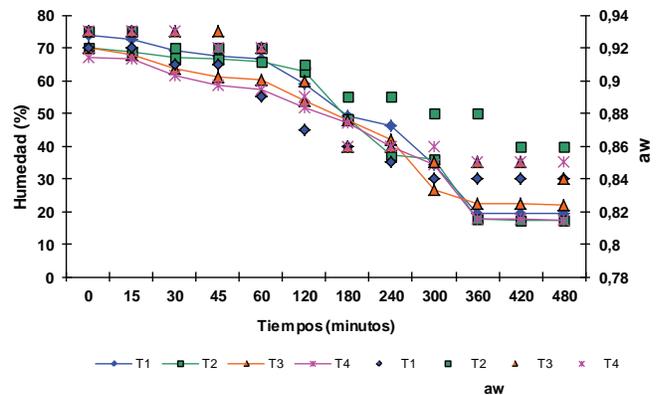


Figura 2. Variación de la humedad y de la aw en función del tiempo en rodajas de cocona, deshidratadas en solución ternaria de diferentes concentraciones de sal y azúcar. 20 /80 (T1); 17/83 (T2); 14/86 (T3) e 12/88 (T4).

Efecto de Densificar el Mallado Durante el Análisis Numérico de Intercambiadores de Calor de Tubo Torsionado

Mesh Densifying Effect During Numerical Analysis of Twisted Tube Heat Exchanger

Jaime A. Riascos S.¹; Julio A. Casas M.²; Juan G. Ardila M.³

¹ Estudiante líder semillero, Ingeniero Mecatrónico (candidato). Facultad de Ingenierías, Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía – MATyER, j-andrezs@hotmail.com

² Docente Auxiliar, Ingeniero Mecánico, MSc. Facultad de Ingenierías, Jefe de Oficina Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. juliocasas@itm.edu.co

³ Docente Tiempo Completo Ocasional, Ingeniero Mecánico, Magister en Gestión Energética Industrial (candidato). Facultad de Ingenierías, Departamento de Mecatrónica y Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía – MATyER, juanardila@itm.edu.co

Resumen: El uso de intercambiadores de calor en espiral helicoidales con tubo torsionado, ha ido en aumento en los procesos de ingeniería que involucran transferencia de calor, por la eficacia de éstos al momento del intercambio. El estudio de los diferentes fenómenos ocurridos al exterior del tubo, puede representarse mediante códigos de dinámica de fluidos computacional (CFD), los cuales utilizan métodos numéricos y algoritmos computacionales para resolver las ecuaciones acopladas de estado, asociadas a la mecánica de fluidos y transferencia de calor. Este trabajo evalúa la incidencia de la calidad de la malla y el número de elementos, en la búsqueda de la convergencia del Número de Nusselt, que caracteriza la transferencia de calor por convección; éste parámetro es usual en el diseño de intercambiadores de diferentes geometrías. Se utiliza el módulo CFX® de Ansys 14.6® para realizar el estudio, el software calcula la temperatura de salida del intercambiador, este valor es requerido para encontrar las propiedades termo-dependientes del fluido, las cuales definen el Número de Nusselt. Se concluye que, para fluidos con baja y alta velocidad, se hicieron variaciones en la calidad de malla y el número de elementos, alcanzando la convergencia del Nusselt tiende a. Al final, se elige la malla adecuada para este tipo de estudio.

Palabras clave: CFD, Número de Nusselt, CFX, ANSYS, oblicuidad.

Abstract: The use of helical coiled twisted tube heat exchangers has been increasing in engineering processes that involve heat transfer, because their effectiveness when exchange occurs. Study of different phenomena occurring outside the tube, can be represented by Computational Fluid Dynamics (CFD) codes, which use numerical methods and computational algorithms to solve coupled state equations, associated with heat transfer and fluid mechanics. This paper evaluates the impact of mesh quality and elements number in search of Nusselt number convergence, which characterizes convective heat transfer; this parameter is

common in exchanger design of different geometries. The Ansys CFX® 14.6® module is used to carry out the study; software calculates exchanger outlet temperature, this value is required to find thermo-dependent fluid properties which define Nusselt number. Variations in quality and number of mesh elements, achievement Nusselt convergence were done for each low and high-speed fluid, at the end, proper mesh for this type of study is chosen.

Key words: CFD, Nusselt number, CFX, ANSYS, skewness.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de bomba de calor, es más frecuente encontrar intercambiadores de calor en espiral con tubos torsionados, los cuales presentan mayores tasas de transferencia que los tubos lisos rectos, esto debido al movimiento adicional giratorio formando vórtice (Zachár, 2010). Estos son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales como la recuperación de calor, calefacción y sistemas donde, el tiempo de calentamiento es un factor importante (Ghorbani *et al.*, 2010).

El método CFD consiste en discretizar el volumen del sistema en pequeños volúmenes de control; creando una malla tridimensional, la calidad de ésta incide en el resultado del análisis. Existen diferentes parámetros de calidad para las mallas, la oblicuidad indica la distancia entre el centro de conexión y el centro de la cara, el valor de ésta oscila entre 0 y 1, las mallas con oblicuidad mayor a 0,9 son consideradas deficientes para realizar análisis. En cada elemento de la malla se resuelven las ecuaciones de conservación discretizadas, realizando una matriz algebraica en cada celda que se soluciona de forma iterativa hasta que el residuo es suficientemente pequeño (Huei-Huang, 2012). Este trabajo pretende evaluar la incidencia de la calidad de la malla y el número de elementos, en la búsqueda de la convergencia del Número de Nusselt, utilizando el módulo CFX® de Ansys 14.6® para realizar

el estudio; el software entrega la temperatura de salida del intercambiador, con la cual se encuentra el Número de Nusselt en función de las propiedades termo-dependientes del fluido. Se logra comprobar que, para un fluido con velocidad baja y uno con alta, las variaciones en la calidad de malla y el número de elementos incide en la convergencia del Nusselt. Al final, se señala la malla adecuada para la metodología empleada.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura 1, se observa la geometría empleada para realizar el análisis y la evaluación del mallado. Se representa mediante el software de dibujo para ingeniería Solid Edge® un tubo comercial tipo Turbotec®, el sólido es exportado a DesignerModeler®, y de allí a Meshing® donde se hace la discretización del volumen. En la Figura 2, se visualiza la discretización en a) la malla estándar, en b) refinamiento medio, en c) refinamiento alto. Dichos refinamientos se realizaron utilizando un parche independiente con método automático de tetraedros, variando el tamaño de cada elemento para refinar y aumentar el número de ellos. Al final se obtienen 5 mallas, que son empleadas para realizar el estudio en CFX®. Como

condiciones de frontera se tiene agua líquida con temperatura de 20°C a la entrada y en la pared del intercambiador de 60°C; en la salida se tiene al fluido en descarga libre. Se utiliza el modelo $k-\omega$ para analizar la turbulencia del fluido al interior del tubo. El número de Nusselt (Nu) se estima midiendo el aumento de la transferencia de calor por convección con respecto con la transferencia ocurrida sólo por conducción, si llegara a suceder, es posible calcularla en función de los número de Reynolds (Re) y de Prandtl (Pr). El cálculo del Nusselt viene dado en Bergmn *et al.* (2011). Dado que el coeficiente convectivo relaciona al flujo de calor por unidad de área (q'') con las temperaturas de pared y de salida del intercambiador (Holman, 1998), con esto, Nusselt queda:

$$Nu = \frac{q''D}{k_f(T_p - T_{\infty})} = f(Re, Pr) \quad (2)$$

Siendo D el diámetro hidráulico del tubo que se calcula como el cociente de cuatro veces el área entre el perímetro húmedo, la conductividad térmica; la cual está relacionada con las propiedades del fluido, T_p y T_{∞} la temperatura de la pared y la temperatura promedio del fluido respectivamente.



Figura 1. Tubo Turbotec® (tomado del catálogo) y modelo representativo



Figura 2. Tipos de refinamiento realizado en el tubo.

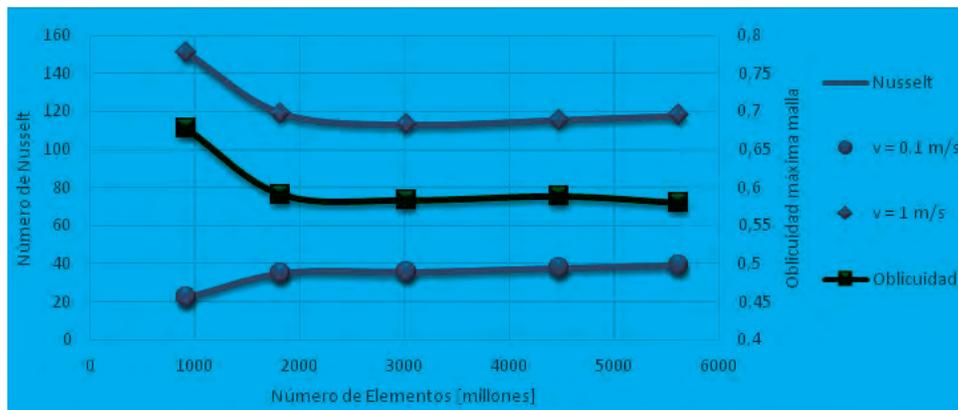


Figura 3. Gráfica Nusselt y oblicuidad malla respecto al número de elementos.

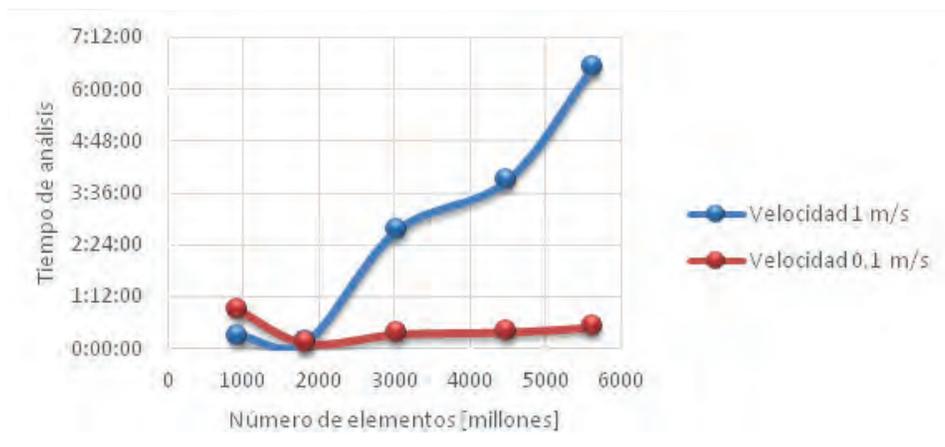


Figura 4. Tiempo de análisis respecto al número de elementos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el valor de la temperatura a la salida del intercambiador, se logran determinar las propiedades termo-dependientes del fluido, y así, hallar el Número de Nusselt; se construye una gráfica, figura 3, donde se relaciona las diferentes mallas obtenidas, comparando la oblicuidad y Nusselt respecto al número de elementos. Se evidencia la convergencia del Nusselt conforme se eleva el número de elementos; ahora, es importante resaltar qué dicha convergencia se logra a partir de la segunda malla, la cual tiene menor número de elementos y una calidad alta (baja oblicuidad). El valor al que convergen las simulaciones depende de parámetros del flujo y de parámetros de la simulación.

Al final del análisis de los resultados, haciendo énfasis en el recurso computacional que se emplea para realizar dicha tarea, se señala la malla más adecuada para hacer este tipo de estudios, ver figura 4. Obsérvese qué, en la segunda malla, con menor tiempo de análisis y números de elementos, manteniendo la calidad alta, se obtienen Nusselt cercanos a los obtenidos con mallas con mayor número de elementos.

CONCLUSIONES

Se comprueba la incidencia de la calidad y los números de elementos que conforman la malla de una geometría, escoger el método adecuado es fundamental, por ello se indica la malla ideal para realizar este tipo de estudio de transferencia de calor en intercambiadores en espiral con tubo torsionado cuyo fluido sea agua sin experimentar cambio de fase.

Los paquetes comerciales CFD que en la actualidad se encuentran, se ven influenciado por el modelo de análisis

y la calidad del enmallado. La selección adecuada de estos parámetros garantiza el normal desarrollo de los diferentes estudios que se realicen en el software de simulación; aunque su eficacia es alta, es preciso validar los resultados con trabajos experimentales.

Se debe considerar los modelos de turbulencia, qué a modo de análisis, se utilizan para resolver problemas asociados a la mecánica de fluidos, particularmente con la velocidad de flujo y el estado del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bergmn, T., F. Incropera, D. Dewit and A. Lavine. 2011. Introduction of heat transfer. John Wiley and Sons. Chicago
- Ghorbani, N., H. Taherian, M. Gorji and H. Mirgolbabaei. 2010. Experimental study of mixed convection heat transfer in vertical helically coiled tube heat exchangers. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 34 (7):900-905.
- Holman, J. 1998. Transferencia de Calor. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 14McGraw Hill.
- Huei-Huang, L. 2012. Mission EU: SDC Publications. Madrid, España
- Tu, J., G.H. Yeoh and C. Liu. 2013. Computational Fluid Dynamics 2 ed. Waltham - Usa.
- Zachár, A. 2010. Analysis of coiled-tube heat exchangers to improve heat transfer rate with spirally corrugated wall. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 53 (19-20): 3928-3939.

Efecto de la Edad y el Tiempo de Madurez Sobre las Características Físicoquímicas de la Carne de Ovino

Effect Of Age And Time of Maturity on the Physicochemical Characteristics of Sheep Meat

Magda M. Ayala Mendoza¹, Daniel S. Duran Osorio y Yanine Y. Trujillo Navarro

¹ Universidad de Pamplona. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Departamento de Alimentos, Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de los alimentos GINTAL. Universidad de Pamplona, Ciudadela universitaria, Barrio el Buque, Pamplona, Norte de Santander Colombia
Autor a quien debe dirigirse la correspondencia e-mail: danielsduran@unipamplona.edu.co

Resumen. En Colombia, la carne ovina ha sido priorizada como un producto con un potencial mercado de exportación pero existe poca información sobre las características de la carne ovina. Por tal razón el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad (4, 6, 8, 10 meses) y el tiempo de madurez (24, 48, 72 h) sobre las características físicoquímicas (proteína, humedad, pH, grado de acidez, índice de acidez, cenizas, grasa, capacidad de retención de agua y color). Para ello, se sacrificaron 48 ovinos enteros de la raza resultante de múltiples cruces entre Corriedale y Romney Marsh con un ayuno previo de 12 horas. Las canales fueron empacadas en bolsas de polietileno y sometidas a refrigeración a 4 ± 2 °C para su maduración. Posteriormente se obtuvo el corte rack (5-9 costilla) sobre el cual realizaron los diferentes análisis físicoquímicos. Los resultados mostraron que la edad al sacrificio influye significativamente en el parámetro del color en lo relacionado con la coordenada a^* y b^* únicamente. Mientras que, el tiempo de maduración es un factor que no influye en las características físicoquímicas analizadas.

Palabras claves: carne, color, edad, maduración, proteína, ovino.

Abstract. In Colombia, sheep meat has been prioritized as a product with a potential export market but there is a lack of information on the characteristics of sheep meat. For this reason the aim of this study was to evaluate the effect of age (4, 6, 8, 10 months) and time of maturity (24, 48, 72 h) on the physicochemical characteristics (protein, moisture, pH, acidity degree, acid value, ash, fat, water and color holding capacity). For this, 48 whole sheep of the resulting multi-race cross between Corriedale and Romney Marsh were sacrificed with a previous 12-hour fast. The carcasses were packed in polyethylene bags and put under refrigeration at 4 ± 2 °C for maturation. Subsequently the rack was obtained (5-9 rib) on which different physicochemical analysis were performed. The results showed that the age of slaughtering influences significantly on the parameter of color in relation to the coordinate a^* and b^* . While the maturation time is not a factor that influences the physicochemical characteristics analyzed.

Key words: meat, color, age, maturity, protein, sheep.

INTRODUCCIÓN

Para el año 2013, el censo del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), reporta 1.177.944 ovinos a nivel nacional. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en el 2010, prioriza la carne fresca de ovino como un producto que presenta un mercado creciente en el mundo, situación coyuntural que puede ser aprovechada por el país para proporcionar un producto de primera calidad tanto para el consumidor interno como para exportar. Sin embargo en Colombia existe una baja demanda en el consumo de carne ovina, debido a que el mercado oferta un producto con un nivel graso alto, escasas alternativas de corte e inadecuada presentación.

En este contexto existe un gran número de factores que pueden afectar la calidad de la canal, unos son dependientes del animal como la raza, sexo y la edad; esta última asociada con el peso al momento del sacrificio Martínez *et al.*, (2005) encontraron una baja fluctuación en los parámetros físicoquímicos de la carne con la edad, observando una cierta tendencia al aumento del pH con respecto al peso. Otros Factores se encuentran ligados al sistema de producción y otros son debidos al faenado y sacrificio pasando por la conversión en carne, la maduración y almacenamiento y su comercialización. La maduración, descrita en tres fases por Sentandreu *et al.*, (2002) fase pre-rigor durante la cual el músculo permanece extensible y existe supervivencia del sistema nervioso; el rigor en la que los componentes energéticos (ATP, fosfocreatina, glucosa) se agotan; y por último la fase post-rigor de maduración en la que se produce una destrucción de la arquitectura muscular. En todo este proceso el cambio de pH afecta el color, la estabilidad de las proteínas y la capacidad de retención de agua (CRA) según Sañudo *et al.*, (1992). En este sentido, en Colombia, existe poca información sobre carne ovina, limitándose solo al conocimiento de la capacidad reproductiva de las razas, sus orígenes y su utilización en cruzamiento, dejando un vacío de conocimiento en la caracterización de la carne para consumo.

Por ello, el propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad y el tiempo de madurez sobre las características fisicoquímicas de la carne ovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de ovinos. Fue propuesto un modelo factorial de bloques completos equilibrados al azar en donde los factores de variación son la edad y el grado de madurez. Para ello, fueron utilizadas 48 muestras de ovinos de múltiples cruces entre Corriedale y Romney Marsh procedentes de la ecorregión de García Rovira (Santander). A partir de los cuatro meses de edad se sacrificaron 12 animales cada 2 meses (4, 6, 8 y 10 meses con desviación de 10 días). Para el sacrificio los ovinos fueron transportados a la Universidad de Pamplona en donde se sometieron a un ayuno de 12 horas; siguiendo la metodología propuesta por Colomer-Rocher *et al.*, (1988). Las canales fueron empacadas en bolsas de polietileno de baja densidad y sometidas a refrigeración a 4 ± 2 °C para su maduración a tiempos de 24, 48 y 72 horas. Finalizada la maduración, se obtuvo el corte rack o campana (5-9 costillas) según lo expuesto por Vergara y Gallego (2000). Sobre este corte se realizaron los diferentes análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímicos. Las características fisicoquímicas se determinaron por triplicado, con los siguientes protocolos. El contenido de proteína por el método de Kjeldahl según la norma ISO 937 de 1978 empleado una unidad de digestión K-424 de seis puestos y una unidad de destilación K355 de marca Buchi. El contenido de grasa por el método Soxhlet

según ISO 1443 de 1979 con extractor de grasa J.P selecta. La humedad fue determinada por el método gravimétrico siguiendo la ISO R-936 de 1998 para lo cual se utilizó una mufla digital modelo 2.2 marca electrónica & química, con una sensibilidad de ± 1 °C, pH por la AOAC 32010/84 pH-metro marca crisson. Para la capacidad de retención de agua (CRA) se empleó el método propuesto por Pla *et al.*, (2000) y el color se determinó con un espectrofotocolorímetro de esfera X-Rite SP62, con un iluminante D65 un observador estándar de 10° utilizando el espacio de color CIELAB (CIE, 1986).

Análisis de resultados. Los resultados fueron analizados estadísticamente con un ANOVA multifactorial con un nivel de significancia del 95%, posteriormente el test DMS permitió corroborar entre que niveles de edad y madurez, existe diferencia mínima significativa mediante el software SPSS versión 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la carne en base a la edad de sacrificio. En ella, se observa que los parámetros químicos son muy similares a medida que aumenta la edad de sacrificio. En el contenido de proteína se puede observar que a medida que aumenta la edad de sacrificio aumenta el contenido de este componente. El estadístico mostró que la edad no es factor influyente en los parámetros químicos de la carne ovina. De otro lado, en los parámetros físicos del color y la CRA, se puede observar que entre la edad de 4 y 6 meses los resultados son similares al igual que entre la edad de 8 y 10 meses. Mientras

Tabla 1. Efecto de la edad sobre parámetros fisicoquímicos de la carne de ovino.

Parámetros Químico	Edad en meses				p-valor
	4	6	8	10	
Proteína (%)	19,31 \pm 1,41	19,87 \pm 1,07	20,05 \pm 0,05	21,61 \pm 1,97	0,254
Humedad (%)	73,94 \pm 0,53	73,80 \pm 0,45	73,08 \pm 0,44	72,46 \pm 2,09	0,399
pH	6,11 \pm 0,26	5,79 \pm 0,26	5,60 \pm 0,26	5,75 \pm 0,26	0,136
Grado acidez	0,47 \pm 0,16	0,28 \pm 0,01	0,37 \pm 0,16	0,28 \pm 0,00	0,217
Cenizas (%)	1,00 \pm 0,02	0,95 \pm 0,03	0,93 \pm 0,00	0,98 \pm 0,07	0,254
Grasa (%)	5,74 \pm 0,88	5,36 \pm 1,48	5,91 \pm 0,48	4,93 \pm 0,10	0,573
Parámetros Físicos	Edad en meses				p-valor
	4	6	8	10	
L*	34,30 \pm 2,82	40,06 \pm 3,44	41,35 \pm 5,99	41,35 \pm 5,99	0,291
a*	9,44 \pm 0,25a	10,27 \pm 1,99a	14,48 \pm 1,27b	14,48 \pm 1,27b	0,003
b*	8,61 \pm 0,59a	10,16 \pm 1,92a	13,63 \pm 3,09b	13,63 \pm 3,09b	0,078
CRA (%)	1,81 \pm 0,38a	1,64 \pm 0,13a	1,17 \pm 0,05b	1,50 \pm 0,07b	0,029

n = 48. Media \pm Desv. Típica. Letras iguales en filas no existe diferencia p-valor 0,05

que la luminosidad no presenta variabilidad en las edades. El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas (95%) en los parámetros del color a^* y b^* y en la CRA. El DMS mostró que entre las edades de 4 y 6 meses no se presentaron tales diferencias al igual que entre las edades de 8 y 10 meses.

En referencia al efecto del tiempo de maduración (Tabla 2) se puede ver que los resultados son muy similares entre sí, destacándose que a medida que aumenta el tiempo de maduración disminuye el contenido de humedad.

Colomer-Rocher, F.; R. Delfa y I. Sierra. 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. Cuadernos INIA. 17, 19-41.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2013. Censo ovino y caprino en Colombia. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2008.aspx>.

Martínez C.S; C. Sañudo, B. Panea, R. Delfa, I. Sierra, J.A. Beltrán, R. Cepero, and J.L. Olleta, 2005. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristic of lamb meat. *Meat Science* 69, 325-333.

Tabla 2. Efectos del tiempo de maduración sobre parámetros fisicoquímicos.

Parámetro Químico	Tiempo de madurez			p-valor
	24h	48h	72h	
Proteína (%)	19,20±0,89	20,50±0,97	20,93±1,91	0,221
Humedad (%)	74,00±0,67	73,15±0,66	72,80±1,69	0,342
pH	5,84±0,30	5,71±0,09	5,87±0,40	0,728
Grado acidez	0,42±0,16	0,28±0,01	0,35±0,14	0,370
Cenizas (%)	0,96±0,05	0,96±0,04	0,98±0,05	0,822
Grasa (%)	5,82±0,83	5,37±0,57	5,27±1,20	0,676
Parámetro Físicos	Tiempo de madurez			p-valor
	24h	48h	72h	
L*	40,31±5,46	36,20±4,43	41,27±5,12	0,360
a^*	12,10±3,48	12,01±1,72	12,39±3,37	0,982
b^*	11,50±2,71	10,37±1,27	12,66±4,70	0,620
CRA	1,56±0,38	1,46±0,29	1,56±0,31	0,889

n= 48. Media ± Desv. Tipica. Letras iguales en filas no existe diferencia p-valor 0,05

Estadísticamente no se encontraron diferencia entre los diferentes parámetros fisicoquímicos con referencia a la edad, lo cual es un indicativo que el tiempo de maduración no es un parámetro influyente sobre las características fisicoquímicas de la carne de ovino.

CONCLUSIONES

La edad de sacrificio es un factor influyente en lo que concierne al color en las coordenadas a^* y b^* y la CRA únicamente, mientras que el tiempo de maduración estadísticamente no lo es en las diferentes características fisicoquímicas analizadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a COLCIENCIAS ente cofinanciador y a las asociaciones CEPROGAR Y ASOPACON.

BIBLIOGRAFÍA

CIE. (1986) Colorimetric, 2nd ed. Publication CIE N° 15, 2. Viena: Central Bureau of the Commission Internationale de l'Éclairage. Paris.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica ovino-caprina en Colombia.

Pla, M. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medida de la capacidad de retención de agua. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.

Sañudo, C; R. Delfa, C. González, M.J. Alcalde, M. Casas, P. Santolaria, E. Vigil. 1992. Calidad de la carne de ternasco. In ITEA. Zaragoza. Vol. Vol. 88ª. 221-227p.

Sentandreu, M.; G. Coulis y A. Ouali. 2002. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. Review, en: Trends in Food Science and Technology, 13:398-419.

Vergara H y L Gallego. 2000. Composición de la canal ovina. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología- INIA. Madrid, España. pp 127-136.

Modelación de la Tasa de Respiración en Mango Mínimamente Procesado

Modelling the Respiration Rate of Minimally Processed Mango

Camilo Agudelo Cuartas¹

¹ Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Departamento de Alimentos. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108. Medellín. Colombia. E-mail: camilo297@yahoo.com.

Resumen. La tasa de respiración fue determinada en mango cortado a tres temperaturas: 4, 20 y 35 °C utilizando el método de sistema cerrado. Los datos experimentales se utilizaron para desarrollar un modelo que involucra la ecuación de Arrhenius para predecir el comportamiento de los gases en función de la temperatura y el tiempo presentando un R² de 0,9689 y 0,9879 para O₂ y CO₂, utilizando una regresión no lineal con el algoritmo Levenberg-Marquardt, además se utilizó la ecuación Michaelis-Menten con inhibición no competitiva para predecir RO₂, presentando un R² de 0,9991, 0,9905 y 0,9681 para 4, 20 y 35 °C, el RCO₂ se obtuvo mediante el cociente respiratorio (QR).

Palabras clave: Atmósfera modificada, tasa de respiración, ecuación Michaelis-Menten.

Abstract. The respiration rate was determined at three temperatures: 4, 20 and 35 °C for cut mango using the closed system method. Using a regression linear with the Levenberg-Marquardt algorithm, the experimental data were used to develop a model that involves the Arrhenius equation to predict the behavior of the gas depending on the temperature and time presenting an R² of 0.9689 and 0.9879 for O₂ and CO₂, also the Michaelis-Menten equation was used to predict noncompetitive inhibition R_{O₂}, presenting an R² of 0.9991, 0.9905 and 0.9681 for 4, 20 and 35 °C, the R_{CO₂} is obtained by the respiratory quotient (RQ).

Key words: Modified atmosphere, respiration rate, Michaelis-Menten equation.

INTRODUCCIÓN

La respiración es de interés en las tecnologías pos cosecha porque se asocia con la calidad de frutas y vegetales (Nicolai *et al.*, 2005) variando según la especie, variedad, estado y temperatura (Del Valle y Palma, 2002), esta última afecta la calidad, el deterioro durante el almacenamiento y las reacciones bioquímicas durante la madurez que son retardadas por las bajas temperaturas (Nicolai *et al.*, 2009). Bajos niveles de O₂ resulta en una disminución del metabolismo, tal como broccoli, zanahoria, pera, tomate (Nicolai *et al.*, 2005) y papaya (Zapata *et al.*, 2004). El aumento de CO₂ actúa como supresor

de la respiración en el almacenamiento y no la disminuye en todos los productos como en cebolla, lechuga y espinaca (Zapata *et al.*, 2004), no presentando ningún efecto inhibitorio, mientras que en mango (Ravindra and Goswami, 2008), banana (Bhande *et al.*, 2008), manzanas y brócoli (Zapata *et al.*, 2004), si lo hace. El objetivo fue evaluar la dependencia de la temperatura en la cinética de respiración de mango cortado var. Tommy Atkins, en un sistema cerrado, mediante los datos experimentales se estimaron los parámetros de los diferentes modelos utilizando regresión no lineal con el algoritmo Levenberg-Marquardt usando MATLAB software ver. 7.8.0 (Matworks Inc., USA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con mango de madurez fisiológica (ICONTE, 2003) (Mangifera indica L.) var. Tommy Atkins, cortado en cubos de 10 mm, adquirido en la central minorista Jesús María Villa de Medellín. El mango se lavó y desinfectó con Citrosan en proporción de 2 mL en 1 L de agua. Se depositó 150 g de mango en un frasco hermético con una capacidad de 600 mL, el consumo de O₂ y la producción de CO₂ se midió con el analizador de gases PBI Dansensor Check Point en un sistema cerrado (5, 6, 8) con aire de 20,9% O₂, 78,1 %N₂ y 0,03 %CO₂ a 4 °C, 20 °C y 35 °C.

La ecuación (1) se usó en mango entero Var. Amrapali (Ravindra and Goswami, 2008), banana (Bhande *et al.*, 2008), pimiento rojo (Conesa *et al.*, 2007), brócoli (Torrieri *et al.*, 2010), cilantro, frijoles y remolacha (Waghmare *et al.*, 2013).

$$y_{Gas} = y_{Gas}^i - \frac{R_{Gas} \cdot W}{V_f} (t - t_i) \times 100 \quad (1)$$

Donde R_{Gas}: velocidad de consumo O₂ o producción de CO₂ (mL O₂ kg⁻¹h⁻¹), y_{Gas}ⁱ: concentración de O₂ y CO₂ (%V/V), t: tiempo (h), y: concentración (%V/V) de gas en el tiempo inicial t_i, V_f: volumen libre en la cámara de respiración (500 mL) y W: masa de la fruta cortada (kg). El efecto de la temperatura y tiempo en el consumo de O₂ y producción de CO₂ se utiliza en la ecuación (2) combinando una ecuación tipo Arrhenius con la ecuación (1).

$$y_{gas} = y_{gas}^i - R_{p_{gas}} \exp \left[-\frac{E_{agás}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right] \times \frac{W}{V_f} \times (t - t_i) \times 100 \quad (2)$$

$$R_{gas} = \frac{V_{max} \times y_{O_2}}{k_m + y_{O_2} \times \left(1 + \frac{y_{CO_2}}{k_{mc}} \right)} \quad (3)$$

Donde $R_{p_{gas}}$: factor pre-exponencial, $E_{agás}$: energía de activación (kJ g⁻¹ mol⁻¹) para cada gas, R: constante universal de los gases (0,008314 kJg⁻¹mol⁻¹K⁻¹), T_{ref} : temperatura de referencia (K) siendo el promedio de las temperatura en el rango evaluado (292.82 K) (Iqbal *et al.*, 2009) y T: temperatura (K).

La cinética enzimática se evaluó con la ecuación Michaelis-Menten (M-M) con inhibidor no competitivo usado en zanahoria (Iqbal T *et al.*, 2009), banano (Bhande *et al.*, 2008) y mango entero (Ravindra and Goswami, 2008).

$$R_{CO_2} = RQ \times R_{O_2} \quad (4)$$

Donde V_{max} : constante de la máxima R_{gas} (mL kg⁻¹h⁻¹), K_m : constante a la mitad de la velocidad máxima de R_{gas} (% O₂), K_{mc} : constante para la inhibición del CO₂ (% CO₂).

Para la velocidad en la producción de CO₂ (R_{CO_2}) se obtuvo de la ecuación (4), obtenida del cociente respiratorio (RQ).

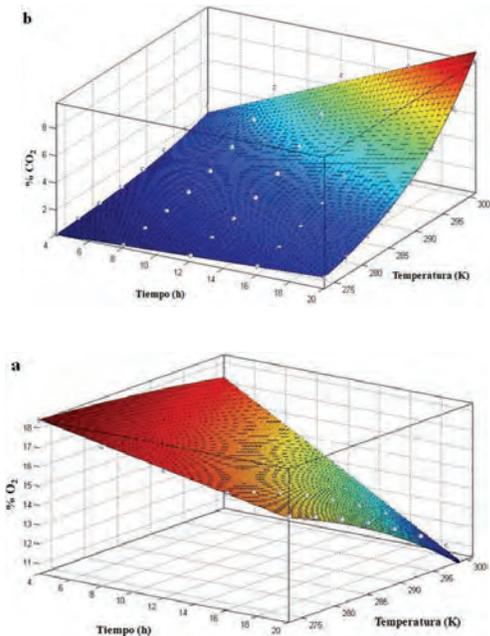


Figura 1. Superficie de respuesta simulada para el consumo de O₂ (a) y producción de CO₂ (b)

Tabla 1. Constantes estimadas del modelo Michaelis Menten con inhibición no competitiva

Temperatura (°C)	Vmax (mL kg ⁻¹ h ⁻¹)	Km (% v/v)	Kmc (% v/v)	R2
4	25,2811	24,3355	9,5049	0,9991
20	39,6688	2,9577	40,0725	0,9905
35	67,2457	0,0212	29,8018	0,9681

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento de la temperatura afecta la velocidad de la reacción respiratoria Tabla 1, como en mango entero (Ravindra and Goswami, 2008) y otros (Zapata *et al.*, 2004;Bhande *et al.*, 2008; Iqbal T *et al.*, 2009 & Waghmare *et al.*, 2013), asegurando la dependencia a este factor. La velocidad de las reacciones enzimáticas aumenta exponencialmente al aumentar la temperatura, esta reacción se multiplica por 2 cada vez que la temperatura aumenta en 10 °C (Arrázola Y Villalba. 2005). Las bajas temperaturas disminuyen el cambio en los gases, por ende la tasa de respiración Figura 1, de manera que es necesario más tiempo de exposición para que la maduración continúe (Lee *et al.*, 1996).

Tabla 2. RQ2 experimental, ec (1)

RQ2 (4 °C)	RQ2 (20 °C)	RQ2 (35 °C)
5,97	19,5600	40,9091
4,87	8,8661	22,7013
4,73	8,3854	9,4209
4,50	5,8936	
3,53		
1,36		

Tabla 3. Cociente respiratorio

Tiempo (h)	4 °C	20 °C	35 °C
4	0,7469	1,3225	2,5724
12	0,7798	1,6458	2,8879
20	0,8057	1,8902	2,9082

CONCLUSIONES

La ecuación de Michaelis-Menten presento un ajuste significativo para RCO₂ y RO₂, en mango cortado 0,9991, 0,9905 y 0,9681 para 4, 20 y 35 °C en el O₂, Tabla 2. El

QR depende de la temperatura y aumenta con el incremento de esta Tabla 3. Para la predicción del O₂ y CO₂ el modelo presentó influencia del tiempo y temperatura, obteniendo un R² de 0,9929 y 0,9963, Figura 1; con cambio de la temperatura, la velocidad de respiración, la textura y el crecimiento microbiano cambia; es por eso que las características fisiológicas y organolépticas del mango almacenado a 4 °C no presentaron cambio significativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Nicolai, B., J. Lammertyn, W. Schotsmans and B. Verlinden. 2005. Chapter 14: Gas Exchange Properties of fruits and Vegetables. Engineering Properties of Foods. Third Edition-CRCpress ed. USA: Taylor & Francis Group. 768p.
- Del Valle, J. y M. Palma .2002. Atmósferas controladas y modificadas. p.p. 89-129 In: Nacional IP editor. CYTED: Temas de tecnología de Alimentos 1. México: Alfaomega.340 p.
- Nicolai, B., M. Hertog, Q. Ho and B. Verlinden.2009. Gas exchange modeling. p.p. 93-108 In: Yahia E, editor. Atmospheres for the Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities. New York: CRC Press; 608p.
- Zapata, J., L. Carvajal y N. Ospina .2004. Aplicación de métodos combinados para la conservación de papaya hawiana (*Carica papaya*) cortada en láminas. Alimentación Equipos y Tecnología. 190 (23):113-120.
- Ravindra, M.R. and T.K. Goswami. 2008. Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. Biosystems Engineering. 99 (2):239-48.
- Bhande, S.D., M.R. Ravindra and T.K. Goswami. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. Journal of Food Engineering. 87(1):116-23.
- ICONTEC.2003. Norma Técnica Colombiana NTC 5210. Frutas frescas. Mango. Variedades mejoradas. Especificaciones. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Iqbal, T., F. Rodrigues, P. Mahajan and J. Kerry.2009. Mathematical modelling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. Journal of Food Engineering. 91(2):325-32.
- Conesa, A., F.A. Artés y F. Artés 2007. Modelización de la actividad respiratoria en pimiento mínimamente procesado en fresco. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Pos cosecha y Agro exportaciones; Universidad Politécnica de Cartagena. editores.
- Torrieri, E., N. Perone, S. Cavella and P.Masi. 2010. Modelling the respiration rate of minimally processed broccoli (*Brassica rapa* var. *sylvestris*) for modified atmosphere package design. Journal of Food Science and Technology. 45 (10):2186-2193.
- Waghmare, R.B., P.V. Mahajan and U.S. Annapure. 2013. Modelling the effect of time and temperature on respiration rate of selected fresh-cut produce. Postharvest Biology and Technology. 80(0):25-30.
- Arrázola, G. y M. Villalba.2005. Enzimas 6. p.p. 67-80. In: Arrázola G, editor. Introducción a la química de los vegetales. Córdoba: Editorial Zenú.
- Lee, D., Y. Song and K. Yam.1996. Application of an Enzyme Kinetics Based Respiration Model to Permeable System Experiment of Fresh Produce. Journal of Food Engineering. 27 (3):297-310.

Estudio de las Relaciones entre la Composición y las Propiedades Tecnológicas de Ocho Harinas Vegetales Aplicando Análisis de Componentes Principales

Study of the Relationship between the Composition and Technological Properties of Eight Vegetable Flours Using Principal Component Analysis

Carolina Álvarez R^{1*}, Seneida Lopera Cardona¹, Cecilia Gallardo¹ y Ana Carolina Acevedo¹

¹ Grupo de Estabilidad de Medicamentos, Cosméticos y Alimentos. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Cra 50ª N° 63-85, Medellín, Colombia.

*Correspondencia: seneida.lopera@yahoo.com

Resumen. Entre las principales materias primas utilizadas en la industria alimentaria se encuentran las harinas. En este estudio se caracterización harinas vegetales de: ahuyama (*Cucurbita máxima*), plátano verde (*Musa acuminata*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp*), quinua (*Chenopodium*

quinoa W) y granos germinados de garbanzo (*Cicer arietinum*) y lenteja (*Lens culinaris*), con el objetivo de evaluar las relaciones entre la composición y las propiedades tecnológicas como capacidades medibles de: absorción de agua, de hinchamiento, emulsificante, espumante y

propiedades térmicas de empaste, ara generar conocimiento y orientar su utilización tecnológica. Aplicando análisis de componentes principales, se encontraron tres grupos de harinas, respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales así: (1) Leguminosas, (2) Ahuyama y (3) Plátano, trigo, quinua, arroz. Según las propiedades de empastado así: (1) Quinua, leguminosas, trigo, (2) Arroz y plátano y (3) Ahuyama.

Palabras clave: Absorción de agua, empastamiento, análisis de componentes principales.

Abstract. The main raw materials used in the food industry are flours. In this study a characterization of flours vegetables: pumpkin (*Cucurbita maximum*), green plantain (*Musa acuminata*), rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa W*), sprouted chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*), was done with the aim of evaluating the relationship between the composition and technological properties as measurable capabilities: water absorption, swelling, emulsifying, foaming and thermal properties of filling, to generate knowledge and guide their technological use. Applying principal component analysis, three groups of flour were found regarding their proximate composition and functional properties as well: (1) Legumes; (2) plantain, wheat, quinoa, rice; and (3) pumpkin. Three other groups were identified according to the pasting properties as follows: (1) Quinoa, legumes, wheat, (2) rice and plantain, and (3) squash.

Key words: water absorption (WAC). Pasting, principal component analysis (PCA).

INTRODUCCIÓN.

Los alimentos son sistemas complejos en los que las interacciones entre los diferentes componentes, gobiernan las características estructurales, texturales y organolépticas de estos. (Gaonkar, 2006). Las harinas son materiales secos, de alta aplicación en la formulación de alimentos, se obtienen de la molienda y posterior reducción del tamaño de partícula, entre 350 y 250 μm , (Kulp y Ponte, 2000). Las harinas de cereales y harinas no convencionales, obtenidas de otros vegetales, leguminosas, granos andinos, musáceas entre otras fuentes, se perfilan como potenciales ingredientes en el desarrollo de alimentos (León y Rosell, 2007), siendo estudiadas ampliamente, en aspectos tecnológicos y de composición (Boye y Zare, 2010); (Schoenlechner *et al.*, 2010); (Zucco *et al.*, 2011); (Wang y Toews, 2009); (Bhat y Karim, 2009). Las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas afectan el comportamiento de un material en el proceso de transformación (Tiwari, 2011). Entre estas propiedades tecnológicas se encuentran las capacidades medibles de: absorción de agua

(CAA), de hinchamiento (CH), emulsificante (CEm), espumante (CEs) y las propiedades térmicas de empaste –RVA. El objetivo de este trabajo fue evaluar las relaciones entre la composición y las propiedades tecnológicas de ocho harinas vegetales para, aplicando análisis de componentes principales (PCA), para generar conocimiento y orientar su utilización tecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los materiales vegetales estudiados fueron ahuyama (*Cucurbita máxima*), plátano verde (*Musa acuminata*) variedad hartón, arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp*), quinua (*Chenopodium quinoa W*) y granos germinados de garbanzo (*Cicer arietinum*) variedad kabuli y lenteja (*Lens culinaris*) variedad verde seca. Se utilizaron harinas obtenidas bajo proceso de molienda estandarizado, hasta alcanzar un tamaño de partícula menor a 250 μm ; la harina de ahuyama con tamaño hasta 306 μm . La composición de las harinas (Tabla 1) se obtuvo aplicando métodos oficiales AOAC (1997).

Caracterización tecnológica. se realizó según métodos reportados por Capitani *et al.*, (2012) y Sridaran, (2012), evaluando Capacidad de absorción de agua (CAA), Capacidad de hinchamiento (CH), Capacidad Emulsificante (CEm) y Capacidad Espumante (CEs). Los análisis se realizaron por triplicado en un Laboratorio de investigación de la Universidad de Antioquia. Las propiedades de empastado fueron obtenidas usando un analizador rápido de viscosidad (RVA) con método AACCC (1995) N°61-02. Cada muestra se analizó por duplicado en el laboratorio de Cereales del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo – CIAD, Hermosillo, México.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de una vía (análisis de varianza). La media de separación se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey. Se utilizó el Software Minitab Statistical versión 16.0 para el análisis de componentes principales (PCA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los gráficos del PCA se muestran en la Figura 1 y proporcionan una visión general de las similitudes y diferencias entre las harinas y de las interrelaciones entre las propiedades medidas. El análisis permitió categorizar las harinas respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales en tres grupos claramente definidos (Figura 1–A) al igual que las propiedades de empastado permitieron la formación de tres grupos (Figura 1–C), gracias a la proyección de las variables en el plano del primer y segundo componente según las Figuras 1–B y D respectivamente. El PCA reveló una correlación negativa entre las cenizas y el contenido de almidón, mostró

una correlación directa entre CAA y CH y una relación indirecta entre esta última y el contenido de proteína. Confirmó además que existe una correlación positiva entre el contenido de proteína y la CE. Para las propiedades de empastado, se encontró que la viscosidad de caída se relaciona directamente con la viscosidad de pico, confirmó que existe una correlación positiva entre rompimiento, viscosidad de pico y viscosidad de caída, arrojó una correlación directa entre retrogradación, viscosidad de pico, rompimiento y viscosidad final y una correlación indirecta con la temperatura de empastado

Las propiedades funcionales, que se muestran en la Figura 2, presenta la relevancia de la capacidad de hinchamiento y la capacidad de emulsificación. La CEM de todas las muestras es alta, oscila entre 38 y 74%.

Por otra parte, la CE varió significativamente entre las harinas, mostrando una tendencia asociada al contenido de proteínas,

con diferencias significativas. Las propiedades de empastado están relacionadas con los cambios en la viscosidad aparente del almidón durante su cocción en exceso de agua. Los resultados se resumen en la Tabla 2. En la mayoría de los productos que contienen almidón, la gelatinización ocurre entre 60 y 65°C (Siddiq *et al.*, 2013); en las muestras analizadas la temperatura de empastado fue mayor, entre 68 y 89°C a excepción de la harina de ahuyama que mostró una temperatura de 50°C. Altas temperaturas de empastado sugieren gran resistencia térmica por parte del almidón, al hinchamiento y la ruptura.

El comportamiento de las harinas en este estudio permitió hacer la siguiente clasificación, presentado en las Figuras 3 y 4: Harinas con RVA típico asociado a su alto contenido de almidón, que incluyen trigo, arroz y plátano. Harinas con RVA atípicos están asociados al alto contenido proteico, menor contenido de almidón en las lenteja germinada y sin germinar, garbanzo germinado y quinua.

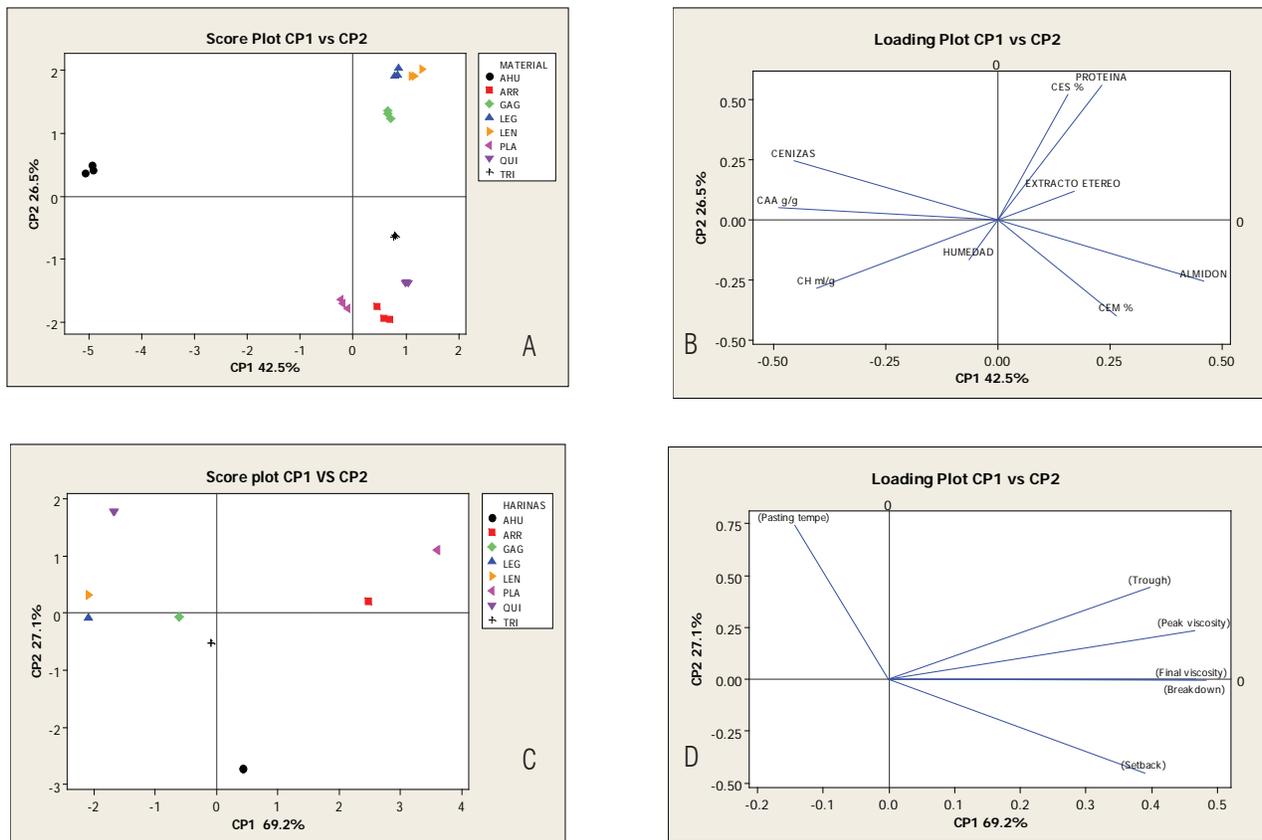


Figura 1. Análisis de componentes principales: (A) Grupos de harinas formados respecto a la composición proximal y las propiedades funcionales, (B) Propiedades funcionales de las harinas. (C) Grupos de harinas según a las propiedades de empastado y (D) describe la variación entre las propiedades de empastado

Tabla 1. Composición proximal de las harinas obtenidas.

HARINA	COMPONENTE (%)				
	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas	Almidón	Humedad
Trigo (<i>Triticum spp</i>)	12,05 ± 0,04d	0,46 ± 0,02f	0,71 ± 0,01e	69,82 ± 1,02b	12,44 ± 0,11a
Ahuyama (<i>Cucúrbita máxima</i>)	5,75 ± 0,00g	0,84 ± 0,04e	7,72 ± 0,16a	22,73 ± 0,81e	8,80 ± 0,04c
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	6,68 ± 0,03f	1,38 ± 0,02d	0,89 ± 0,02e	71,44 ± 2,93b	10,81 ± 0,02b
Plátano (<i>Musa acuminata</i>)	1,29 ± 0,02h	0,17 ± 0,01g	1,73 ± 0,01d	69,56 ± 1,17b	3,48 ± 0,02g
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	23,79 ± 0,10b	0,95 ± 0,03e	2,88 ± 0,11b	64,13 ± 0,90c	8,05 ± 0,05d
Lenteja Germinada (<i>Lens c.</i>)	26,08 ± 0,07a	3,00 ± 0,00c	2,34 ± 0,16c	63,52 ± 0,05c	5,29 ± 0,20f
Garbanzo Germinado (<i>Cicer a.</i>)	22,51 ± 0,19c	3,76 ± 0,23b	2,94 ± 0,02b	54,92 ± 3,07d	1,82 ± 0,15h
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa W</i>)	10,28 ± 0,04e	4,56 ± 0,05a	1,96 ± 0,05d	77,30 ± 0,33a	6,01 ± 0,12e

Los CHOS constituyen la diferencia con el 100% de materia seca. Todos los datos representan la media de triplicados ± desviación estándar. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) acorde al método de Tukey con una confianza del 95,0%. Resultados obtenidos en el grupo GEMCA, UdeA.C

Tabla 2. Propiedades de empastado (RVA) de las harinas obtenidas

HARINAS	PARAMETRO					
	Temperatura de empastado (°C)	Viscosidad de pico (cP)	Viscosidad de caída (cP)	Rompimiento (cP)	Viscosidad final (cP)	Retrogradación (cP)
Trigo (<i>Triticum spp</i>)	68,5±0,04g	2037,0±0,00c	1374,0±7,07d	663,0±7,07d	2581,0±5,66e	1207,0±1,41e
Ahuyama (<i>Cucúrbita máxima</i>)	50,1±0,04h	1619,0±1,41e	656,5±2,12f	962,5±0,71c	2890,0±1,41c	2233,5±0,71a
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	72,6±0,07f	4413,5±6,36b	2153,5±2,12b	2260,0±8,49a	3872,5±7,78b	1719,0±5,66c
Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	78,3±0,04c	5214,5±0,71a	3216,0±1,41a	1998,5±0,71b	5204,5±0,71a	1988,5±2,12b
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	83,2±0,02b	819,0±1,41g	731,0±1,41e	88,0±0,00f	1191,0±1,41g	460,0±0,00f
Lenteja Germinada (<i>Lens culinaris</i>)	76,7±0,01e	744,0±1,41h	740,0±1,41e	4,0±0,00g	1162,0±1,41h	422,0±0,00g
Garbanzo Germinado (<i>Cicer arietinum</i>)	77,5±0,04d	1464,0±1,41f	1384,5±2,12d	79,5±0,71f	2670,0±1,41d	1285,5±0,71d
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	89,7±0,01a	1814,5±2,12d	1663,5±0,71c	151,0±1,41e	1388,5±0,71f	-275,0±0,00h

Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) con una confianza del 95,0%.

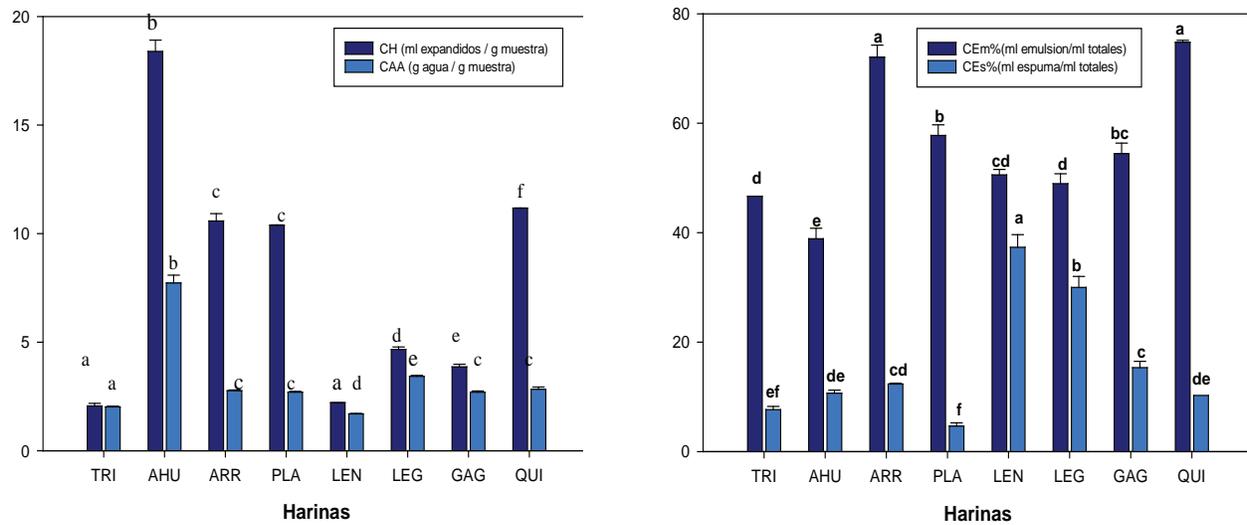


Figura 2. Propiedades funcionales tecnológicas de las harinas. CH: capacidad de hinchamiento, CAA: capacidad de absorción de agua, CEm: capacidad emulsificante y CE: capacidad espumante. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) con una confianza del 95,0%.

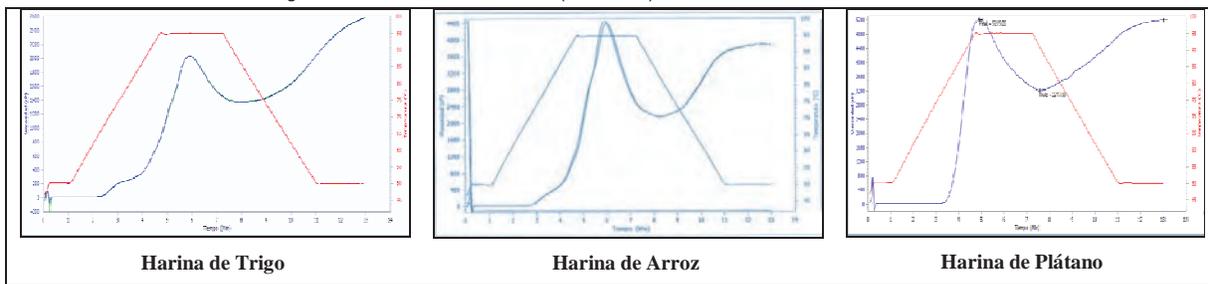


Figura 3. Harinas con RVA típico

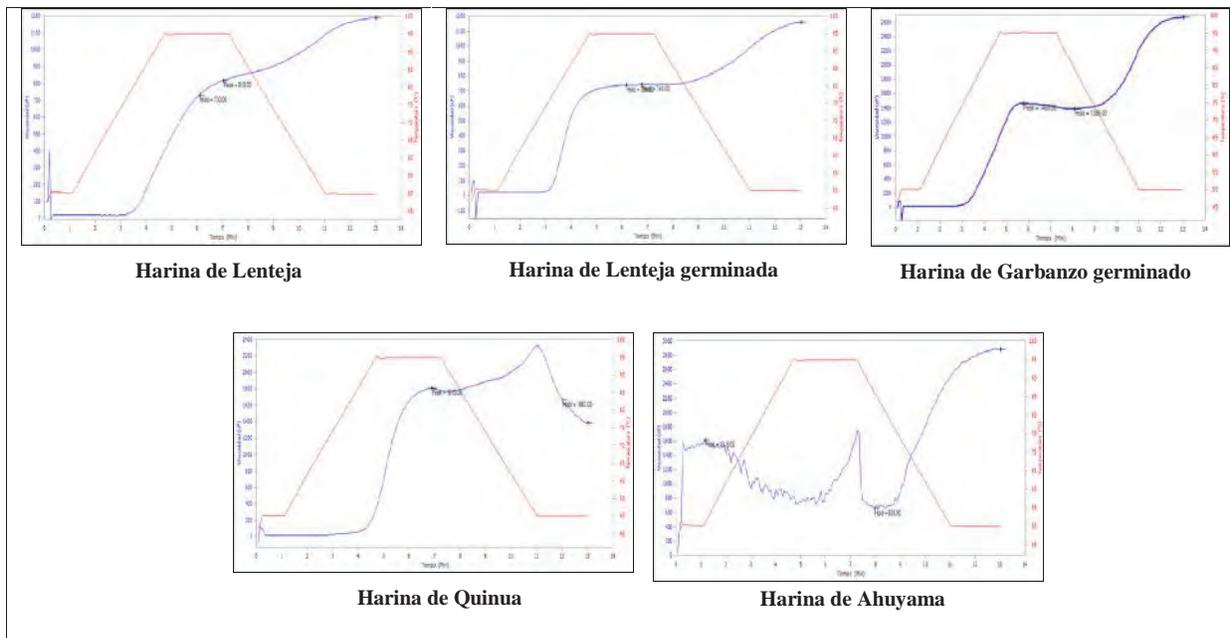


Figura 4. Harinas con RVA atípico

CONCLUSIONES

El PCA permitió categorizar las harinas respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales en 3 grupos así: 1. Leguminosas, 2. Ahuyama y 3. Plátano, trigo, quinua, arroz. Según las propiedades de empastado (RVA) así: 1. Quinua, leguminosas, trigo, 2. Arroz y plátano y 3. Ahuyama. La caracterización funcional mostró que todas las harinas presentan alta CEm (entre 38 y 74%), las harinas de lenteja germinada y sin germinar presentaron además alta CEs superior al 30%, mientras que la ahuyama presentó un comportamiento relevante respecto a las propiedades de hidratación (CH 18,39 mL/g y CAA 7,72 g/g). Las propiedades de empastado en las harinas de plátano y arroz están influenciadas por sus altos valores de viscosidad y su alta tendencia a la retrogradación. La harina de ahuyama presentó la más baja T° de empastado (50°C) y la mayor retrogradación (2233cP), mientras que las harinas de quinua y leguminosas presentaron baja retrogradación y valores intermedios de viscosidad. Las harinas y las propiedades estudiadas en este trabajo, constituyen un conocimiento importante en la formulación de alimentos innovadores y saludables.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 1995. St. Paul, MN, USA.
- AOAC Official Methods of Analysis 16th Ed Association of Aoac 1997 Official Methods of Analysis 16th Ed Association AOAC 1997.
- Bhat, R. and A.A. Karim. 2009. Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8 (4): 305–331.
- Boye, J. and F. Zare., A. Pletch. 2010. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*. 43(2): 414-431.
- Gaonkar, A.G. and A. McPherson. 2006. *Ingredient interactions. Effects on Food Quality* 2a ed. Boca Raton, Taylor & Francis Group, LLC, FL, USA.
- Kulp, K. and J.G.J. Ponte. 2000. *Handbook of Cereal Science and Technology* 2a. ed. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Capitani, M.I., V. Spotorno., S.M. Nolasco. and M.C. Tomás. 2012. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*. 45(1): 94–102.
- León A.E. and C. Rosell. 2007. *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. 1ª ed. Córdoba. Hugo Báez Editor. España.
- Schoenlechner, R., J. Drausinger., V. Ottenschlaeger., K. Jurackova. and E. Berghofer. 2010. Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*. 65(1):339-349.
- Siddiq, M., S. Kelkar., J.B. Harte., K.D. Dolan and G. Nyomba. 2013. Functional properties of flour from low-temperature extruded navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science and Technology*. 50(1): 215–219. doi:10.1016/j.lwt.2012.05.024.
- Sridaran, A., A. Karim and R. Bhat. 2012. *Pithecellobium jiringa* legume flour for potential food applications: Studies on their physico-chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 130(3): 528–535.
- Tiwari, B.K., A. Gowen and B. McKenna. 2011. *Pulse Foods Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. 1ra. ed. Elsevier Inc. San Diego, CA, USA.
- Wang, N. and R. Toews. 2011. Certain physicochemical and functional properties of fibre fractions from pulses. *Food Research International*. 44 (8):2515-2523.
- Zucco, F., Y. Borsuk and S.D. Arntfield. 2011. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food Science and Technology*. 44(10): 2070-2076.

Surface Tension and Rheology of Emulsions for Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil Microencapsulation

Tensión Superficial y Reología de Emulsiones Para Microencapsulación de Aceite de Buriti (Mauritia flexuosa L.)

Aranha, Carol P.M.^{1*}; Telis, V.R.N.¹

¹ Institute of Biosciences, Language Studies and Exact Sciences, São Paulo State University, Cristovão Colombo Street, 2265, 15054-000, São José do Rio Preto, Brazil.

*Autor de correspondencia: carol_aranha@hotmail.com

Abstract. *The present work aimed to determine the surface tension and viscosity of alginate (A) and pectin (P) solutions, as well as emulsions of alginate + buriti oil (AO) and pectin + buriti oil (PO) that will be subsequently processed into buriti oil*

microcapsules. Solutions containing A or P (2%, w/w) were prepared and homogenized by ultrasound with buriti oil (1:1 w/w) to give AO and PO emulsions. The surface tension of the solutions and emulsions was measured by the Du Nouy ring

method, whereas rheological measurements were carried out using an AR-G2 rheometer. The polysaccharide solutions (A and P) showed surface tension of 55.85 and 67.75 mN/m, respectively, while the emulsions presented surface tension values of 35.61 mN/m for AO, and 41.56 mN/m for PO. The flow curves of systems A and AO fitted better to the Ostwald-de Waele (power law) model, with an apparent viscosity dependence on shear rate. On the other hand, systems P and PO demonstrated Newtonian behavior.

Key words: Alginate; pectin; Du Nouy; viscosity.

Resumen. Este trabajo tuvo por objetivo determinar la tensión superficial y la viscosidad de soluciones de alginato (A) y pectina (P) y de emulsiones de alginato+aceite de buriti (AO) y pectina+aceite de buriti (PO), las cuales serán posteriormente procesadas para producir microcápsulas de aceite de buriti. Se prepararon soluciones de A o P (2% w/w), las cuales fueron homogeneizadas por ultrasonido con aceite de buriti (1:1 w/w). La tensión superficial de las soluciones y emulsiones se midió por el método del anillo de Du Nouy, en cuanto las mediciones reológicas se hicieron en un reómetro AR-G2. Las soluciones de polisacáridos (A y P) mostraron tensión superficial de 55,85 y 67,75 mN/m, respectivamente, al mismo tiempo que las emulsiones presentaron valores de tensión superficial de 35,61 mN/m para el sistema AO y 41,56 mN/m para el sistema PO. Las curvas de flujo de los sistemas A y AO fueron más bien descritas por el modelo de Ostwald-de Waele (ley de la potencia), con variación de la viscosidad aparente en función de la velocidad de deformación. Por otro lado, los sistemas P y PO mostraron comportamiento newtoniano.

Palabras clave: Alginato; pectina; Du Nouy; viscosidad.

INTRODUCTION

An emulsion is usually constituted by two immiscible liquids (oil and water, for example) with one of them dispersed in the other in the form of droplets. Preparing emulsions requires the use of specific ingredients known as emulsifiers, which are compounds (or a mixture of compounds) that are adsorbed on the drop surface produced during the homogenization process. These molecules create protective layers that prevent the dispersed phase to aggregate and promote a decrease in the surface tension. Moreover, emulsion stability may be increased by addition of thickener compounds to the system, as long as these additives are able of increasing the viscosity or causing the continuous phase gelification, retarding or preventing the movement of droplets (McClements *et al.*, 2007). The group of the major used thickeners includes polysaccharides such as alginate, pectin, and carrageenan.

Oil in water emulsions stabilized by polysaccharides can be atomized to produce microencapsulated oil droplets and the emulsion surface tension and viscosity influence the size and morphology of the resultant particles. In this context, this work aimed to determine the surface tension and viscosity of alginate (A) and pectin (P) solutions, as well as of buriti oil emulsions stabilized by alginate (AO) or pectin (PO).

MATERIAL AND METHODS

Solutions of alginate or pectin (2% w/w) were prepared by dissolving the polysaccharides in deionized water at 40°C, under constant mixing. Buriti oil was homogenized (1:1 w/w) with each solution by using an ultrasound probe (Sonic Ruptor 4000, Omni International, USA) at a frequency of 20 kHz with power output of 180 W.

Surface tension was measured using the Du Nouy ring method in a tensiometer Krüss K6. The instrument was checked by determining water surface tension (72 ± 0.512 mN/m at 25°C) and comparing this value with the tabulated in the Handbook of Physical Chemistry (2014) of 71.975 mN/m at 25°C. Steady flow rheological analysis was carried out in an AR-G2 rheometer (TA Instruments, Delaware, USA) using a concentric cylinder geometry with gap of 5920 μ m.

RESULTS AND DISCUSSION

Surface tension values of the systems A, P, AO and PO at 25°C are shown in Table 1. The obtained values presented the same magnitude order of literature values, such as 58.16 mN/m for κ -carrageen at 2% concentration (Perrechil; Sato; Cunha, 2011), 69.2 mN/m for pectin and 57.1 mN/m for arabic gum, both at 2% concentration (Siew y Williams, 2008). The alginate containing systems showed lower surface tension than pectin based ones. Comparison of values found in Table 1 with water surface tension (72 mN/m) evidences that the polysaccharides act as surfactants. Furthermore, the oil addition to A and P solutions caused a great decrease in surface tension, maybe due to the crude buriti oil emulsifying properties.

Table 1 Surface tension of polysaccharide solutions and buriti oil emulsions.

Solutions	Surface Tension (mN/m)
Alginate (A)	55.85 \pm 0.42
Alginate + buriti oil (AO)	35.61 \pm 0.35
Pectin (P)	67.75 \pm 0.42
Pectin + buriti oil (PO)	41.56 \pm 0.32

The flow curves of systems A, P, AO and PO are plotted in Figure

1. The Ostwald-de Waele model could be very well fitted to the rheograms as shown by the determination coefficient values, R² (Table 2). The behavior index (n) values indicate that alginate systems (A and AO) exhibited shear thinning behavior, with n < 1, i.e. the apparent viscosity decreased with shear rate (Figure 2). The addition of buriti oil decreased the consistency index (K) and the pseudoplasticity of the alginate solution. Table 2 also shows that n was around unity for the pectin systems (P and PO), which led to concluding that these are Newtonian systems and the consistency index corresponds to Newtonian viscosity (μ), being much lower than the K values for alginate systems.

These results will be further applied to investigate the atomization behavior of AO and PO emulsions for production of buriti oil microcapsules by ionic gelation.

Table 2 Solutions rheological parameters.

	K (Pa.s)	n	R ²
Alginate (A)	8.96	0.48	0.999
Alginate + buriti oil (AO)	2.41	0.63	0.993
Pectin (P)	0.0165	1.02	1
Pectin + buriti oil (PO)	0.0126	1.04	0.986

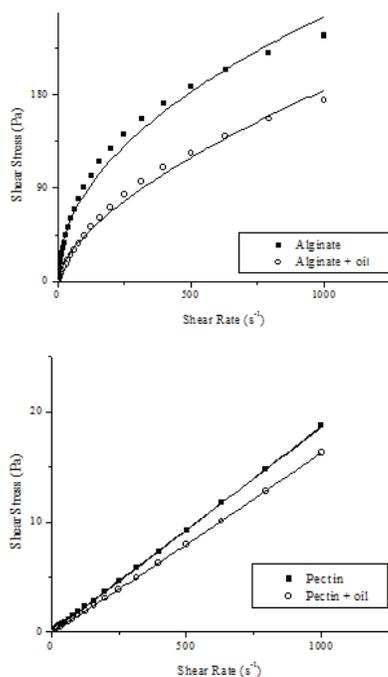


Figure 1 - Flow curves for polysaccharide solutions and buriti oil emulsions (solid lines indicate the power law model fitting).

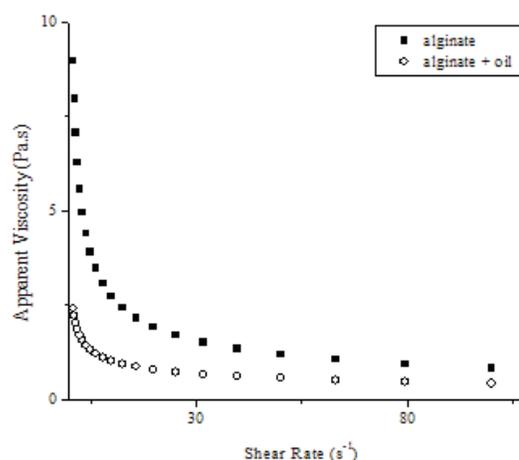


Figure 2 Apparent viscosity of alginate systems (A and AO).

CONCLUSION

Both oil and polysaccharides had the ability of decreasing the water surface tension, with greater reduction in the emulsions. Alginate containing systems exhibited pseudoplastic behavior, while pectin systems behaved as Newtonian fluids with lower viscosities

ACKNOWLEDGMENTS

To FAPESP (Process 2013/09627-6), CNPQ (Process 476927/2012-9) and to Dr. Miguel Jafelicci Júnior from Chemistry Institute/UNESP, for the help with surface tension analysis.

BIBLIOGRAPHY

- McClements, D.J., E.A. Decker and J Weiss. 2007. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. *Journal of Food Science* 72(8):R109-R124.
- Perrechil; F.A., A.C.K Sato and R.L Cunha. 2011. K-Carrageenan-sodium caseinate microgel production by atomization: critical analysis of the experimental procedure. *Journal of Food Engineering* 104(1):123-133.
- Siew, C.K. and P.A. Williams. 2008. Role of protein ferulic acid in the emulsification properties of sugar beet pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:4164-4171.

Evaluación de Pretratamientos Osmóticos en la Crioprotección de Muestras de Mango Verde (*Mangifera indica* L.)

Osmotic Pretreatments Assessment in Cryoprotection of Green Mango (*Mangifera Indica* L.) Samples

Alfredo A. Ayala-Aponte¹, Maritza Narváez Solís², Ángela María Ormaza Zapata³

¹ Docente Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali, Colombia: alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

² Joven investigadora de COLCIENCIAS. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia: manarso88@gmail.com

³ Docente Departamento de Ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia: angela.ormaza@ucaldas.edu.co

Resumen. Se evaluó la influencia de pretratamientos osmóticos (PO) (Binario y ternario) sobre la pérdida de fase líquida (PFL), cambio de volumen (ΔV) y esfuerzo de fractura (σ_f) en muestras de mango verde congelado-descongelado. Muestras deshidratadas en solución binaria de sacarosa (Sa) a 45°Brix y ternaria con Sa (45°Brix) y NaCl (9%), se congelaron a -40°C y se almacenaron a -18°C durante 15 días. Como tratamiento control se usaron muestras frescas congeladas (MFC). Las muestras con PO presentaron menor PFL, ΔV y mayor esfuerzo de fractura (σ_f) respecto a la muestra fresca congelada. Estos resultados mostraron el potencial efecto crioprotector de la técnica combinada de DO-congelación en mango verde.

Palabras clave: Mango verde, deshidratación osmótica, congelación.

Abstract. The influence of osmotic pretreatments (OP) (binary and ternary) on the loss of liquid phase (LLP), volume change (ΔV) and fracture stress (σ_f) in samples of frozen-thawed green mango was evaluated. The samples were dehydrated in binary sucrose solution (Su) at 45°Brix and ternary with Su (45°Brix) and NaCl (9%), frozen at -40°C and stored at -18°C for 15 days. As control treatment fresh frozen samples (FFS) were used. Samples with OP had lower LLP, DV and higher fracture stress (σ_f) compared to fresh frozen sample. These results showed the potential cryoprotectant effect of combined technique of OD-freezing in green mango.

Key words: Green mango, osmotic dehydration, freezing.

INTRODUCCIÓN

El consumo de mango verde en estado fresco se ha popularizado por la adición de sal combinada o no con miel, que junto con la acidez y textura proporcionan un sabor agradable al consumidor. Cada día se incrementa

la comercialización de trozos de mango verde congelado como nueva alternativa de consumo. Sin embargo, el proceso de congelación-descongelación provoca reducción en la calidad de los alimentos (PFL, encogimiento, pérdida de textura, entre otros) (Chiralt *et al.*, 2001). De acuerdo a algunos investigadores, la aplicación combinada de DO y congelación favorece significativamente la calidad de alimentos congelados (Marani *et al.*, 2007). Marani *et al.*, (2007), argumentan que al disminuir el agua congelable en los alimentos se disminuye la formación de cristales de hielo y en consecuencia menor daño estructural, el cual está asociado a la reducción de la pérdida de calidad en términos de PFL, color, textura, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de tratamientos osmóticos (binario y ternario) sobre la PFL, ΔV y σ_f en muestras de mango verde congelado-descongelado.

MATERIALES Y MÉTODOS

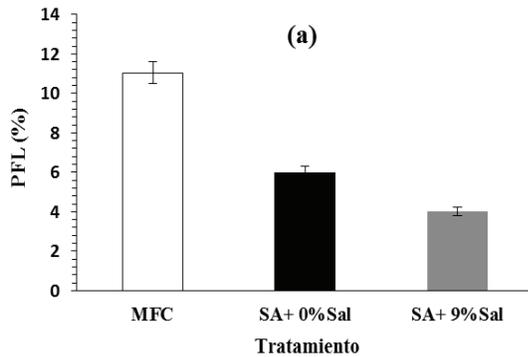
Se emplearon mangos verdes (*Mangifera indica* L.) con contenido de humedad (CH) de $90,02 \pm 0,03\%$ y $7,2^\circ\text{Brix}$. Muestras de mango cortadas en cilindros de 20 mm de altura y 15 mm de diámetro se deshidrataron en una solución binaria (Sa 45°Brix) y una ternaria (SA 45Brix + 9% NaCl) hasta un CH de $83,0 \pm 0,5\%$ (b.h.). Las muestras PO y MFC se congelaron a -40°C en un ultracongelador (Revco, USA), y se almacenaron a -18°C durante 15 días, posteriormente se descongelaron y se evaluaron la PFL, ΔV y σ_f . La PFL se evaluó tomando el peso de cada muestra antes (mo) y después (mf) de la congelación empleando una balanza analítica (Metler-Toledo AE200, Suiza) (Ec. 1). El ΔV se midió antes (V_o) y después (V_f) de la congelación-descongelación, midiendo a cada muestra su diámetro y altura mediante un calibrador digital (Ec. 2). La textura (σ_f) se determinó con un texturómetro (Shimadzu, Japón),

mediante una prueba de compresión uniaxial a 40 mm/min y deformación del 90% de la altura de la muestra. El σ_f se calculó con la Ec. 3. Donde: F(t) es fuerza a cada tiempo ejercida por la prensa sobre la muestra, d(t) es la distancia avanzada por el émbolo en la muestra y l0 y r0 son respectivamente la altura y el radio, A(t) es el área de contacto en cada tiempo de cada nivel de deformación.

$$PFL = \frac{mf - mo}{mo} \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{Vf - Vo}{Vo} \quad (2)$$

$$\sigma_f(t) = \frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t)}{\pi r_0^2 l_0} \times (l_0 - d(t)) \quad (3)$$



crioprotección de la fruta, al presentar menor valor de PFL (5,20%); este resultado indica que la impregnación del soluto de NaCl fortalece la estructura matriz del mango verde. En la Figura 1(b) se observa un comportamiento similar al análisis de PFL, mostrando que los PO presentaron significativamente ($p < 0,05$) menores ΔV . Este comportamiento puede estar asociado a las menores PFL mencionado anteriormente, ocasionando menor colapso o encogimiento de la estructura celular. Resultado similar se observó en melón (Cadena-Gómez, 2012)

En la Figura 2, las muestras PO mostraron significativamente ($p < 0,05$) mayor esfuerzo de fractura (firmeza) que las MFC, siendo el tratamiento ternario (SA+9%sal) el que alcanzó mayor σ_f . Este comportamiento de las muestras PO, puede estar relacionado con su mayor contenido

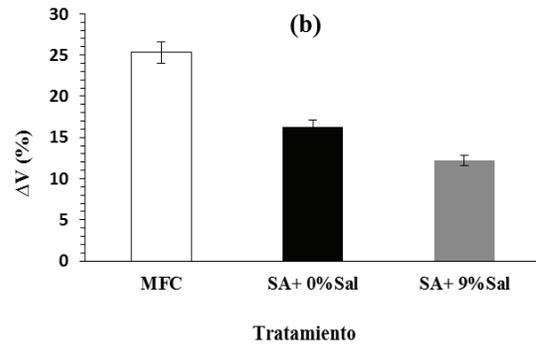


Figura 1. PFL (a) y ΔV (b) para muestras frescas y DO de mango verde durante 15 días de congelación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La PFL (a) y ΔV (b) para muestras frescas congeladas y DO se muestran en la Figura 1. Se observa que las muestras PO (SA+0%Sal y SA±9%sal) presentaron significativamente ($p < 0,05$) menores PFL respecto a las MFC. Este resultado indica que la reducción parcial del CH (reducción de agua congelable) reduce también el daño celular en muestras con DO (Lowithun y Charoenrein, 2009), siendo un indicador del efecto crioprotector del PO previo a la congelación. Las MFC presentaron las mayores PFL (11,32%), debido a su mayor CH (91,02±0,03%), provocando mayor recristalización del hielo durante el almacenamiento, ocasionando pérdida del contenido celular y pérdida de la capacidad de retención de agua de la célula (Goncalves, *et al.* 2011). Similar comportamiento reportaron Marani *et al.*, (2000). Por otro lado, se evidenció la sinergia de los solutos de SA y NaCl (SA+9%sal) en la solución ternaria, mostrando mayor

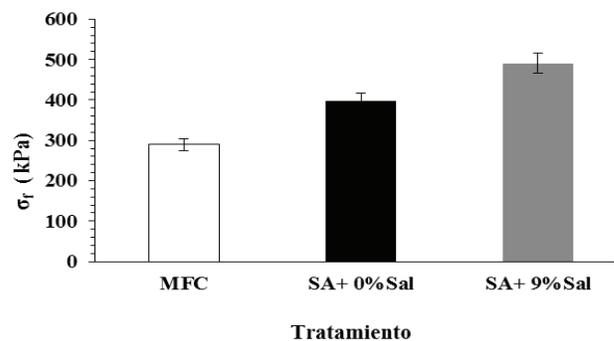


Figura 2. Evolución del σ_f de muestras frescas y DO de mango verde durante la congelación.

de sólidos solubles (Sa y NaCl) ganados durante la DO, contribuyendo al reforzamiento de la pared celular de la fruta, requiriéndose mayor fuerza para fracturarla (Abraão *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

La aplicación de la DO como pretratamiento a la congelación-descongelación mostró una reducción significativa ($p < 0,05$) de pérdidas de calidad en muestras de mango verde congelado en términos de menor PFL y ΔV y mayor σ_p ; siendo el tratamiento ternario el que presentó las menores pérdidas de calidad. Estos resultados indican el potencial efecto crioprotector de la técnica combinada de DO-congelación en mango verde.

AGRADECIMIENTOS

Uno de los autores (Maritza Narváez S.) agradece a COLCIENCIAS y al Programa Jóvenes Investigadores por su apoyo a este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Abraão, A.S., M. André, A. Vilela, J.M. Sousa and F.M. Nunes. 2013. Influence of osmotic dehydration process parameters

on the quality of candied pumpkins. Food Bioprod Process, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.04.006>

Cadena-Gómez, M.I. 2012. Aplicación de la técnica de osmocongelación en la conservación de melón Cantaloupe. Tesis Magister en Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 39 p.

Goncalves, E.M., M. Abreu, T.R.S. Brandao and C.L.M. Silva. 2011. Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli during storage. International J. of Refrigeration. 8(34): p. 2136-2144.

Lowithun, N. and S. Charoenrein. 2009. Influence of osmodehydrofreezing on the quality of frozen rambutan. International Journal of Food Science and Technology. 44: p.2183-2188.

Marani, C.M., M.E. Agnelli and R.H. Mascheroni. 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. Journal of Food Engineering 79: p.1122-1130.

Chiralt, A. N. Martínez-Navarrete, J. Martínez-Monzó, P. Talens, G. Moraga, A. Ayala and P. Fito. 2001. Changes

Rediseño y Evaluación de un Sistema para Obtención de Almidón de Ñame y Subproductos

Redesign and Evaluation of a System to Obtain Yam Starch and Byproducts

Daniel Chavez Gonzalez¹; Ermides Lozano Rivero²; Jairo Salcedo Mendoza³; Alfredo Fernández Quintero⁴

1,2 Estudiantes Ingeniería agroindustrial; Universidad de Sucre; integrantes del Grupo PADES, <dago_chavez@hotmail.com>; <ermidesjoselozano@hotmail.com>

3 PhD ingeniería química, Profesor Titular, Universidad de Sucre, Sincelejo Sucre, jairo.salcedo@unisucre.edu.co

4 MSc Ciencia y Tecnología de Alimentos, Profesor Titular, Universidad de Sucre, Sincelejo, Sucre, Colombia. <Alfredo.fernandez@unisucre.edu.co >

Resumen. El Ñame es un componente esencial de la dieta en la Costa Norte de Colombia donde es altamente cultivado. El almidón de Ñame es utilizado en la industria alimentaria y no alimentaria; sin embargo, los procesos de extracción aún no han sido industrializados en esta región. En esta investigación se presenta el rediseño, montaje y evaluación de un equipo de burbujeo a nivel piloto para la separación y recuperación de almidón y subproductos utilizando ñame como materia prima (especie **Diamante comercial**). Se evaluó el efecto de dos

factores: relación kg ñame: L agua (1:8, 1:7 y 1:6) y nivel de alimentación de la solución en la Columna I (30, 50 y 70 cm) sobre el porcentaje de recuperación de almidón y subproducto (mucilago). Las mejores condiciones de operación obtenidas en el equipo fueron: porcentaje de extracción de almidón de 17,79 con una la relación kg de pulpa de ñame/Litros de agua (P/A) de 1:8 y con un nivel de 50 cm en la columna I y un porcentaje de subproducto (mucilago) de 2,3 con una relación P/A de 1:7 y un nivel de 50 cm en la Columna I.

Palabras clave: *Diamante comercial, mucilago, columna, relación, rendimiento.*

Abstract. *Yam is an essential component of the Colombian North Coast diet, where it is highly cultivated. Yam starch is widely used in the food and non-food industry; however, its extraction process is not yet industrialized in this region. This research presents the redesign, assembly and evaluation of a bubbling equipment at the pilot level to separate and recover starch and by-products using Yam as raw material (Commercial diamond spp.). A study to evaluate the effect of the relationship yam kg: water L (1:8, 1:7 and 1:6) and the feeding level of the solution in the column I (30, 50 and 70 cm) on the percentage of recovery of starch and by-product (mucilage) were conducted. The highest percentage of recovered starch was 17.79, obtained with a relationship kg of pulp of yam/Liters of water of 1:8 and a level in Column I of 50 cm. Moreover, for the by-product (mucilage), the highest percentage of recovery was 2.3 achieved when using a relationship kg of pulp of yam/liters of water of 1:7 and a level in Column I of 50 cm.*

Key words: *Commercial Diamond, mucilage, column, relationship, yield.*

INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscörea*), es uno de los seis géneros pertenecientes a la familia de los Dioscoraceae y agrupa aproximadamente 600 especies, de las cuales sólo doce son comestibles (Corpoica, 2003), entre ellas *Dioscörea Rotundata*, *Dioscörea Alata* y *Dioscörea trifida* (FAO, 2006). Colombia se ubica entre los 12 países del mundo con mayor producción de ñame con 395,374 t producidas en 2010 y además ocupa el primer lugar en rendimiento, con 28 t/ha sembrada. Más del 90% de la producción nacional de ñame se concentra en los departamentos de la región Caribe, zona donde también se centraliza su consumo (Reina, 2012).

Debido al alto contenido de mucilagos en algunos almidones naturales, se han usado diferentes métodos de extracción de almidón de ñame: agua, soluciones de amoniaco al 0,03 M, Pectinasas, Solución, ácido oxálico- oxalato de sodio, hidróxido de sodio 0,03 M, (Moorthy, 1991; Daiuto *et al.*, 2005).

Los procesos para obtención de almidón y recuperación de mucilago por burbujeo constan de operaciones de acondicionamiento de la materia prima tales como, lavado, trozado, rayado, y operaciones de preparación de una solución (slurry). Posteriormente, la solución es llevada a torres de burbujeo donde entra en contacto con aire el cual arrastra el mucilago. Seguidamente en la etapa de recuperación de mucilago se utiliza generalmente etanol como agente separador

o reductor de la tensión en las burbujas. El fundamento básico del equipo es la flotación que consiste en una separación entre las partículas, líquidas o sólidas de la fase líquida, lo que se consigue al introducir aire en el líquido (Chung *et al.*, 2005). El objetivo principal de este proyecto fue el desarrollo de un proceso a nivel de laboratorio para la separación y recuperación de almidón y subproducto (mucilagos) a partir de ñame, especie *Diamante Comercial*, en ausencia de reacciones y aditivos químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Preparación de materia prima. Para la evaluación del sistema de extracción y separación de almidón se seleccionó la variedad de ñame *Diamante comercial*. Los rizomas de ñame se lavaron para retirar posibles impurezas, además, se pelaron y trozaron, para luego ser ralladas y licuadas en una relación de Kg de pulpa de ñame/ L de agua (P/A) de 1:6, 1:7 y 1:8.

Proceso de Extracción. El rediseño se basó en los resultados obtenidos por Pérez, (2010). El cual modifica el prototipo utilizado por Chung, 2005. El rediseño de los equipos que componen las diferentes operaciones que integran el sistema de extracción se fundamentó en el contacto de aire con la superficie activa de los componentes del ñame (almidón, mucilago) capaces de formar burbujas. La estructura física del equipo se mejoró en cuanto al tamaño y visualización del proceso, con el fin de ser replicado a nivel industrial. El sistema de extracción y separación por burbujeo, se alimentó con diferentes niveles en la columna I (Figura 1) y relaciones P/A. Se tomaron muestras en la columna I, II, III y del tanque de alimentación durante cada corrida experimental. La purificación del mucilago se realizó según lo establecido por Pérez, (2010).

Diseño experimental y análisis estadístico. Se realizó un diseño experimental completamente al azar multi-factorial categórico, con dos factores: relación P/A en tres niveles: 1:6, 1:7 y 1:8 y el nivel de la solución de alimentación en la columna I en tres niveles I, II y III (30, 50 y 70 cm de altura respectivamente) para evaluar el efecto de éstos sobre el porcentaje recuperado de almidón y de subproducto (mucilago). Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico R 2.9.1; las muestras se analizaron por triplicado con un total de 27 corridas; el nivel de significancia fue del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el rediseño se mejoró la visualización del proceso, permitiendo observar el comportamiento del aire dentro del equipo, controlar tamaño de burbujas, percibir el arrastre

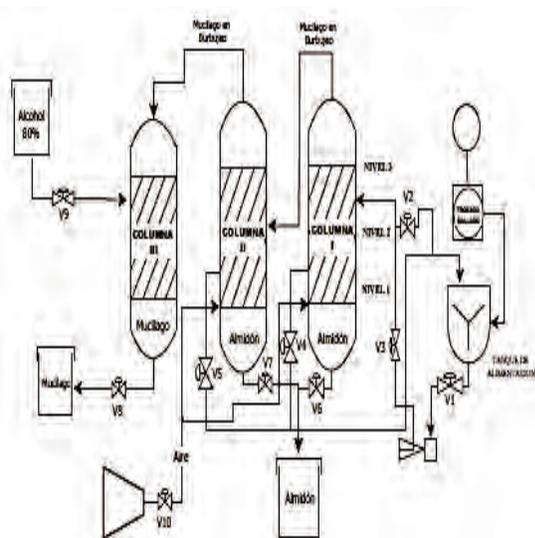


Figura 1. Sistema de obtención de almidón y subproductos de ñame.

del almidón por las burbujas y el proceso de separación de alcohol-mucilago. El aumento del diámetro de las columnas I, II y III hasta 16 cm, aumentó el tiempo y el área de contacto entre la solución y las burbujas, incrementando la recuperación

del mucilago. En la Tabla 1, se muestran valores del porcentaje de almidón y mucilago recuperado a partir del ñame (especie *Diamante comercial*) con las relaciones P/A y niveles en la columna I. Los mayores porcentajes de almidón recuperado estuvieron en el rango 17,79 y 16,79 peso de almidón/peso ñame fresco, que corresponde a relaciones P/A de 1:8 y 1:7, y un nivel 2 de la columna I (50cm). El mayor porcentaje de recuperación de mucilago varió entre 2,13 y 2,3 p/p con relaciones P/A de 1:8 y 1:7 respectivamente y un nivel de 2 en la columna I (50cm). Los resultados coinciden con el rango de recuperación de mucilagos con pulpa de ñame variedad *Dioscorea pseudojaponica yamamoto*, reportados por Chung, (2005). También, se encontró con el análisis de varianza que los niveles empleados en la columna I y las relaciones P/A afectan significativamente el porcentaje recuperado de almidón y mucilago con interacciones altamente significativa ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

El rediseño del equipo, mejoró el manejo y la visibilidad del proceso, lo cual lo hace más controlado. Además, la evaluación proporciona como mejor combinación de factores la relación 1:8 y nivel 2 en la columna I, en cuanto al rendimiento de extracción almidón y mayor recuperación de mucilago en la relación 1:7 con nivel 2 en la columna I. Con este estudio

Tabla 1. Porcentajes de extracción de almidón y recuperación de subproducto (mucilago) con las relaciones y nivel correspondiente.

Relación ñame/ agua	NIVEL	Kg Ñame	Almidón extraído Kg	Subproducto recuperado Kg	% Almidón recuperado	% Subproducto recuperado	Promedio (desv. Est) A. E	Promedio (desv. Est) S. R
R-1/6	1	2,975	0,3650	0,0250	12,27	0,8403		
R-1/6	1	2,975	0,3687	0,0256	12,39	0,8613	12, 27 (0,12)	0,845 (0,015)
R-1/6	1	2,975	0,3614	0,0248	12,15	0,8319		
R-1/7	1	2,485	0,2350	0,0210	9,46	0,8451		
R-1/7	1	2,485	0,2374	0,0215	9,55	0,8662	9,46 (0,09)	0,849 (0,015)
R-1/7	1	2,485	0,2327	0,0208	9,36	0,8366		
R-1/8	1	2,305	0,3450	0,0450	14,97	1,9523		
R-1/8	1	2,305	0,3485	0,0461	15,12	2,0011	14,97 (0,15)	1,962 (0,035)
R-1/8	1	2,305	0,3416	0,0446	14,82	1,9328		
R-1/6	2	3,02	0,4150	0,0400	13,74	1,3245		
R-1/6	2	3,02	0,4192	0,0410	13,88	1,3576	13,74 (0,13)	1,33 (0,024)
R-1/6	2	3,02	0,4109	0,0396	13,60	1,3113		
R-1/7	2	2,62	0,4400	0,0600	16,79	2,2901		

Relación ñame/ agua	NIVEL	Kg Ñame	Almidón extraído Kg	Subproducto recuperado Kg	% Almidón recuperado	% Subproducto recuperado	Promedio (desv. Est) A. E	Promedio (desv. Est) S. R
R-1/7	2	2,62	0,4444	0,0615	16,96	2,3473	16,79 (0,16)	2,3 (0,04)
R-1/7	2	2,62	0,4356	0,0594	16,63	2,2672		
R-1/8	2	2,08	0,3700	0,0440	17,79	2,1154		
R-1/8	2	2,08	0,3737	0,0451	17,97	2,1683	17,79 (0,17)	2,126 (0,03)
R-1/8	2	2,08	0,3663	0,0436	17,61	2,0942		
R-1/6	3	2,81	0,3450	0,0430	12,28	1,5302		
R-1/6	3	2,81	0,3485	0,0441	12,40	1,5685	12,28 (0,12)	1,538 (0,027)
R-1/6	3	2,81	0,3416	0,0426	12,15	1,5149		
R-1/7	3	2,43	0,3800	0,0500	15,64	2,0576		
R-1/7	3	2,43	0,3838	0,0513	15,79	2,1091	15,64 (0,15)	2,0678 (0,04)
R-1/7	3	2,43	0,3762	0,0495	15,48	2,0370		
R-1/8	3	2,24	0,3600	0,0350	16,07	1,5625		
R-1/8	3	2,24	0,3636	0,0359	16,23	1,6016	16,07 (0,16)	1,57 (0,028)
R-1/8	3	2,24	0,3564	0,0347	15,91	1,5469		
Desv Est Desviación Estandar, A.E :Almidón Extraído, S.R : Subproducto Recuperado, NIVEL: 1;2;3 (30;50; 70) cm								

se podrá seguir escalando este prototipo para que pueda ser utilizado a nivel industrial

BIBLIOGRAFÍA

- CORPOICA. 2003. Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tubérculos promisorios, con énfasis en los casos de achira (*Canna Edulis*), arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*), y ñame (*dioscórrea sp*). Informe Técnico Final. Corpoica; Pronata, Tibaitata.
- Chung, F., L. Huei and P. Yau. 2005. Use of continuous bubble separation process for separation and recovering starch and mucilage from yam (*Dioscórrea pseudojaponica yamamoto*). LWT (38): 735 - 744.
- Daiuto, E., M. Cereda, S. Sarmento, O. Vilpoux. 2005. Effects of extraction methods on yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. Starch/Starke 57(3-4): 153-160
- FAO. 2006. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas. Recuperado de http://www.fao.org/inpho_archive/content/docdocume/vlibrary/AE620s/Pfrescos/NAMEHTN ;consulta: agosto 2013.
- Moorthy, S.N. 1991. Extraction of starches from tuber crops using ammonia. Carbohydrate Polymers. 16 (4): 391-398.
- Pérez, J and Y. Ruiz. 2010. Desarrollo de un proceso para separación y recuperación de almidón y mucilagos de dos especies de ñame (*Dioscórrea Alata*) Y (*Dioscórrea. Rotundata*). Proyecto de grado de ingeniero agrícola. Facultad de ingeniería. Universidad de Sucre. Sincelejo. 80p.
- Reina, Y. 2012. El cultivo del ñame en el Caribe colombiano. Documentos de trabajo sobre economía regional. No. 168. Cartagena: Banco de la Republica centro de estudios económicos regionales.

Simulación y Análisis de Sensibilidad en la Etapa de Separación en un Proceso de Extracción Supercrítica

Simulation and Sensibility Analysis for Separation Stage in a Supercritical Extraction Process

Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan¹; William Franco Ballesteros¹, Hugo Alexander Martínez-Correa¹

¹ Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia –Sede Palmira. Chapinero, Vía Candelaria. Palmira, Colombia.

*Autores a quienes dirigir la correspondencia hgcuastumalc@unal.edu.do

Resumen. El objetivo de este trabajo fue estudiar la etapa de separación posterior a una extracción supercrítica de una mezcla binaria de $scCO_2$ -DHCA con Superpro (v. 8.5). Se simuló el separador a dos condiciones de temperatura (35 y 55 °C) con una variación de presión entre 10 y 130 bar y se calculó la composición en fracción másica y porcentaje de recuperación para DHCA en la salida. La fracción de extracto recuperado en la fase pesada fue de 0,95 a 0,99 para la condición de 55 °C en un rango de presión de 10 a 40 bar, con un porcentaje de recuperación de 99,5%. Los resultados predicen el comportamiento del separador con la variación de las condiciones de operación (P, T), las cuales afectaron la recuperación del extracto.

Palabras clave: Extracción Supercrítica, Separación, Simulación.

Abstract. The aim of this work was to study the subsequent separation stage to a supercritical extraction for a binary mixture of $scCO_2$ -DHCA in SuperPro (v8.5.0). A separating two temperature conditions 35 and 55 °C with a variation in pressure between 10 and 130 bar was simulated and the composition of mass fraction and percentage recovery for DHCA in the outlet were calculated. The fraction of extract recovered in the heavy phase was 0.95 to 0.99 for the condition of 55 °C in a pressure range of 10 to 40 bar, with a recovery of 99.5% the predicted behaviour of separator was dependant of

operating conditions (P,T) which affect the recovery of the extract.

Key words: Supercritical extraction, separation, prediction properties, simulation.

INTRODUCCIÓN

La extracción con fluidos supercríticos (EFS) se puede dividir en dos etapas principales: extracción y separación. La etapa de separación es clave en la eficiencia de la recuperación. La EFS requiere de optimización para evaluar su potencial a escala industrial, así el uso de simuladores para optimizar procesos integrados es una estrategia adecuada. El equilibrio liquido-vapor (ELV) es importante en el diseño de procesos de extracción y separación de biomoléculas presentes en extractos naturales (Vallejo y Martínez, 2012). Uno de los principales ácidos fenólicos presentes en *B. dracunculifolia* es el ácido 3,5-diprenyl-4-hidroxicinámico (DHCA), conocido como Artepillin C (Martínez *et al.*, 2012), para el que se ha reportado su actividad antiinflamatoria, anticancerígena, y antileucémica (Paulino *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo fue simular una etapa de separación posterior a una extracción supercrítica para una mezcla de $scCO_2$ -DHCA en SuperPro (v8.5.0)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el software comercial SuperPro v8.5.0 Designer. El esquema del proceso se presenta en la figura 1. Las corrientes E1 Y E2 son la entrada y salida del extractor (E-1); E2, FL y

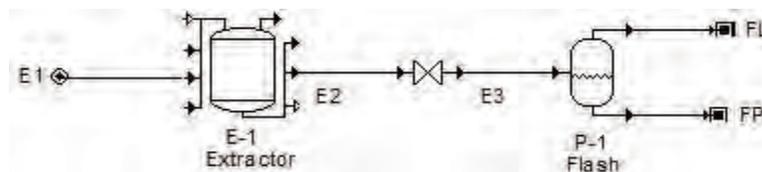


Figura 1. Esquema general de la etapa de Extracción supercrítica.

FP son entrada al separador, salida de la fase liviana y salida de la fase pesada respectivamente. En este estudio se simula un separador utilizando un separador (P-1). Para efectos de la simulación el extracto está constituido por la mezcla scCO₂ – DHCA, la cual entra al separador Flash (P-1) para recuperar el DHCA.

Las propiedades físicas críticas (T_c, P_c, V_c) y constantes dependientes de la temperatura punto normal de ebullición (T_b), factor acéntrico (ω), Entalpia de vaporización (ΔH_{vap}) y Calor específico (C_p) para la molécula DHCA, se estimaron utilizando el modelo de composición de grupos UNIFAC. La densidad del líquido/sólido se estimó por contribución de grupos por el método de Elbro (Sandler, 1999). El equilibrio de fases se modeló con la ecuación Peng-Robinson (Sandler, 1999). Se estimaron las composiciones de E3, FL y FP a partir de las condiciones óptimas de temperatura, presión, flujo de scCO₂, y concentración de DHCA. Se simuló el separador a las temperaturas de 35 y 55 °C con presiones entre 10 y 130 bar, calculándose la composición (DHCA) en fracción másica y porcentaje de recuperación para DHCA en la FP. La velocidad de flujo de CO₂ fue de 156,399 g/Bach, se determinó a partir de datos experimentales de EFS a nivel de laboratorio a 40 °C y 400 bar en el extractor (E-1), extracto para el cual se desea predecir mediante simulación las condiciones de operación del separador (P-1) mediante el presente estudio. Los resultados se sometieron a un análisis de sensibilidad utilizando el simulador para el estudio de comportamiento del separador flash (P-1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición en fracción másica para DHCA se obtuvo en la corriente FP, observándose una disminución a medida que aumenta la presión dentro del separador para las dos condiciones (Figura 2). Adicionalmente la composición de DHCA a 55°C es mayor que a 35°C hasta una presión de 90 bar, posterior a este punto la fracción en la FP cae hasta cero. La disminución en la composición es debido a que en el equipo no se presenta precipitación del extracto, el cual es un comportamiento contrario al de la extracción en el E-1 (Solubilización), por lo tanto la separación se ve favorecida por condiciones de baja solubilidad del DHCA en scCO₂.

La condición que presenta la concentración más baja del extracto fue a 35 °C y 130 bar lo cual se evidenció en una fracción de 0,72, esto sugiere que la separación se ve favorecida a presiones bajas. En otras presiones evaluadas, la pérdida de extracto fue menor, lo que puede ser corroborado por el valor más alto de la fracción de extracto recuperado en la fase pesada (0,95 -0,99) para 55 °C en un rango de presión

de 10 - 40 bar y recuperación de 98%. A una temperatura de 35 °C la fracción se comportó de manera similar, entre 0,98 a 0,91 con recuperación de 99,5 %. Al analizar el efecto de la temperatura, su aumento se tradujo en altas concentraciones, que probablemente está relacionada con el grado de interacción de la mezcla binaria scCO₂-DHCA. Durante la separación las condiciones de P y T ocasionan variación de la densidad del scCO₂ y en la solubilidad de extracto, lo que conlleva a que se presente variaciones en la concentración en la fase pesada. Los resultados de la Figura 2, presentan un comportamiento similar al encontrado en estudios de Thaheuchi *et al.*, (2008), donde reportan que el aumento de presión a temperatura constante produce aumento de solubilidad de Eugenol. Entonces el uso de presiones muy por debajo de la presión crítica es reportado como favorable en la recuperación de sustancias solubles en CO₂ supercrítico (Cheng *et al.*, 2000).

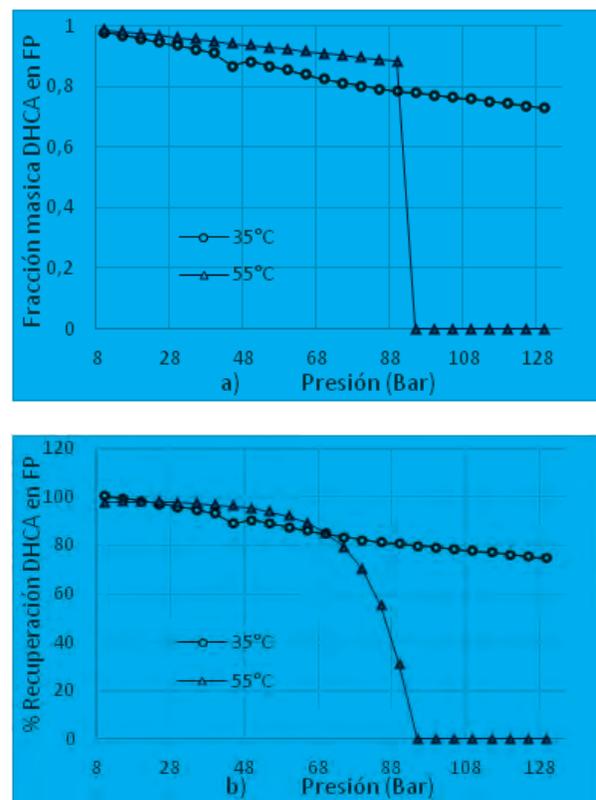


Fig. 2. Resultados del análisis de sensibilidad en P-1 (a). Fracción másica de DHCA (x) en la fase pesada. (b) Porcentaje de recuperación en el separador, datos simulados para DHCA.

CONCLUSIONES

Fue posible estudiar el proceso de separación y recuperación del DHCA proveniente de una extracción supercrítica (40 °C y 400 bar) con ayuda de un simulador comercial. Los resultados predicen el comportamiento del separador con la variación de las condiciones de operación (P, T), las cuales afectaron el rendimiento del extracto. La simulación del separador es de gran importancia debido a que permiten el diseño y optimización de procesos EFS, por cuanto se podrían obtener condiciones operacionales óptimas para extrapolar su comportamiento a escala industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Cheng, K.,W. Kuo, S.J. Tang and M. Chen. 2000. Vapor-liquid equilibria at elevated pressures of binary mixtures of carbon dioxide with methyl salicylate, eugenol, and diethyl phthalate, *The Journal of Supercritical Fluids*, 18(2):87-99.
- Martínez, H., A. Cabral, A. Magalhães, M. Queiroga, L. Godoy, T. Sánchez and P. Paviani. 2012. Extracts from the leaves of *Baccharis dracunculifolia* obtained by a combination of extraction processes with supercritical CO₂, ethanol and water, *The Journal of Supercritical Fluids* 63:31-39.
- Paulino, N., S. Abreu, Y. Uto, D. Koyama, H. Nagasawa, H. Hori, M. Dirsch, M. Vollmar, A. Scremin and W. Bretz. 2008. Anti-inflammatory effects of a bioavailable compound, Artepillin C, in Brazilian propolis, *European Journal of Pharmacology*. 587(1-3):296-301.
- Sandler, S. 2006. *Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics*, 4 ed. Editorial WILEY, India. 912 p.
- Takeuchi, T., M. Leal, F. Favareto, R. Cardozo, L. Corazza, M.L. Paulo, V. Rosa and M.A. Meireles. 2008. Study of the phase equilibrium formed inside the flash tank used at the separation step of a supercritical fluid extraction unit, *The Journal of Supercritical Fluids* 43(3):447-459.
- Vallejo, V. and E.H. Martínez. 2012. Vapor liquid equilibrium prediction of biomolecules of importance in the agri-food industry, *Vitae*, 19(1):349-351.

Maltodextrin Addition Level Effect on Asai Powder Chemical Properties and Costs

Efecto del Nivel de Adición de Maltodextrina en las Propiedades Químicas y Costo de Asaí en Polvo

R. O. Díaz S.¹, J E. C. Cardona¹, M. Carrillo¹, R. H. Gutiérrez B.², M. S. Hernández G.¹,

1 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Avenida Vásquez Cobo entre 14 y 15 Leticia, Amazonas. shernandez@sinchi.org.co

2 Universidad Central de Venezuela. Escuela de Nutrición y Dietética. rafgutii@hotmail.com

Abstract: *Asaí (Euterpe precatoria)* is a tropical fruit recently acknowledged by its high phytochemicals contents, with interesting options for the food and cosmetic industry. Dehydration process by means of spray drying has been developed in order to regulate this seasonable commodity offer, providing a stable product to be incorporated in diverse food and cosmetic products. This study evaluates the effect of different maltodextrin addition levels (25, 30, 35 & 40%) on the phytochemicals content (total anthocyanins, total phenols), antioxidant properties (eq. TROLOX), yield and cost of Asaí powder produced in a pilot scale process. Maltodextrin addition

affects the fruit content in the resulting powders, shows protective effect on phytochemicals and at the higher addition level allows to obtain a lower cost per phytochemicals content unit in the product.

Key words: spray drier, Amazonia fruits, biodiversity

Resumen: *Asaí (Euterpe precatoria)* es una fruta tropical recientemente reconocida por su alto contenido de fitoquímicos, con opciones interesantes para la industria alimenticia y cosmética. Se ha desarrollado el proceso de deshidratación mediante secado por aspersión con el fin de regular la oferta de esta materia prima estacional, proveyendo

un producto estable para ser incorporado en diversas matrices. Este estudio evalúa el efecto de diferentes niveles de adición de maltodextrina (25, 30 35 y 40%) en el contenido de fitoquímicos (antocianinas totales, fenoles totales), propiedades antioxidantes (eq. TROLOX), rendimiento y costo de Asaí en polvo producido a escala piloto. La adición de maltodextrina afecta el contenido de fruta en el producto resultante, muestra un efecto protector de fitoquímicos y en el mayor nivel de adición permite obtener un menor costo por unidad de contenido de fitoquímicos en el producto

Palabras clave: secado por aspersión, frutales amazónicos, biodiversidad

INTRODUCTION

Fruit pulps are highly perishable products that require low temperature along distribution and storage in the value chain, which increases costs and represents a logistic challenge, especially in the Amazonia region. Among conservation processes, dehydration becomes a suitable alternative to regulate offer and facilitate distribution logistics.

Spray drying is a well known technology to dehydrate liquids and slurries. Amazonia fruit pulps dehydration using this technology becomes an innovation to obtain marketable products, such as fruit powders with high phytochemicals content. In order to do so, a polymeric material is necessary as a drying aid and to protect phytochemicals like phenolic compounds and vitamins from degradation, therefore, to develop an amazonic fruit powder there is the need to optimize this material addition to minimize dilution effect, obtaining fair compounds protection and with a competitive cost.

Asaí (*Euterpe precatoria*) is a promissory seasonal palm fruit with very high phytochemicals content (Rufino, Pérez-Jiménez *et al.*, 2011). This study evaluates the effect of different maltodextrin addition levels on the phytochemicals content, yield and cost of Asaí powder produced from fruit pulp in a pilot scale spray drying process.

MATERIALS AND METHODS

Fruit pulp dehydration. Asaí (*Euterpe precatoria*) pulp (5.5 °Bx, pH 4.3) was obtained in San José del Guaviare (Colombia) from ripe fruits according to standardized process (Peña *et al.*, 2012). Maltodextrin DE18-20 was added at 25, 30, 35 and 40% (pulp weight basis) after pulp filtration. A pilot scale spray drier designed and built by Sinchi institute was used to obtain asaí powders with Inlet/outlet temperature relation fixed at 150/65 °C by feed rate variation (1.25-1.5 L/h) and adjustment of air

speed (29-32 m/s).

Yield and costs. Fruit content in dried product and yield based on feed mass was obtained by means of a material balance. Product cost in Colombian pesos (COP) was calculated based on yields, operation times, personnel, raw materials, operation and fixed costs. A relation between phytochemicals contents in the product and its estimate cost allowed to determinate costs per phytochemicals unit in the product.

Chemical analysis of Asaí powders. Samples were extracted with distilled water (200 mg powder to a 10mL volume) and analyzed: total anthocyanins content (mg CND3-GLU/100g) by differential pH method (Lee, Durst *et al.*, 2005), total phenolic content (GAE/100g) by Folin-Ciocalteu method (Ainsworth and Gillespie 2007; Cicco, Lanorte *et al.*, 2009) and antioxidant properties (Eq. TROLOX/100g) by DPPH method proposed for Asaí (Rufino, Pérez-Jiménez *et al.*, 2011). All samples were analyzed between 24h after production.

Statistical treatment. Instrumental analysis data were subjected to a two-way analysis of variance, means were separated by an LSD test at P=0.05 for the highest interaction or mean factor, using Statistix 9 Software.

RESULTS AND DISCUSSION

Maltodextrin addition influenced fruit content in the resulting powders, (ranging from 8 to 15%, data not shown), that dilution effect explains partially the tendency to diminish phytochemicals content and antioxidant activity as maltodextrin level increased (Table 1). Nevertheless, there is also a protection effect that explains higher amounts of anthocyanins and total phenols in 40% maltodextrin Asaí powder. A possible encapsulation is to be tested by means of powders antioxidant properties stability and microscopy assessments.

Maltodextrin content affects powder yields and estimated costs (Table 2). As feed solid content increased (provided by maltodextrin), yields and operation times improved to decrease powder cost per kg, which ranged from 120.000 to 55.000 COP. Due to this effect on process variables, cost per phytochemicals content unit (mg CND3-GLU or GAE) improved for 40 %MD powder, and there was no difference between 30, 35 and 40% MD cost per eq. TROLOX in the product. A sensory and nutritional analysis is needed in order to select an optimal %MD in the final marketable product.

Table 1. Chemical properties of Asaí powders with different levels of maltodextrin addition (mean \pm SD, n=4, $\alpha=0.05$)

%MD	mg CND3-GLU/100g	GAE/100g	Eq. TROLOX/100g
25	48.77 \pm 4.24a	2593.03 \pm 175.86a	12.53 \pm 0.36a
30	16.88 \pm 0.44c	494.90 \pm 20.86b	1.07 \pm 0.14b
35	10.66 \pm 0.29d	313.98 \pm 6.80c	1.16 \pm 0.12b
40	27.29 \pm 1.86b	461.24 \pm 24.03b	0.68 \pm 0.05c

Means followed by the same letter are not significantly different. (LSD test, P=0.05)

Table 2. Powder yields and estimate cost (COP) for bioactive units (mean \pm SD, n=4, $\alpha=0.05$)

%MD	Powder yield (%)	COP/ mg CND3-GLU	COP/ GAE	COP/ eq. TROLOX
25	20.49 \pm 2.15 ^b	251.28 \pm 23.49 ^c	4.71 \pm 0.31 ^d	9.73 \pm 0.27 ^b
30	25.42 \pm 4.71 ^b	486.55 \pm 12.72 ^b	16.61 \pm 0.68 ^b	77.38 \pm 10.33 ^a
35	28.37 \pm 4.46 ^{ab}	881.21 \pm 23.96 ^a	29.92 \pm 0.65 ^a	81.47 \pm 8.68 ^a
40	38.30 \pm 3.74 ^a	203.94 \pm 13.95 ^d	12.05 \pm 0.63 ^c	82.08 \pm 5.81 ^a

Means followed by the same letter are not significantly different. (LSD test, P=0.05)

CONCLUSIONS

Maltodextrin addition affected fruit content in the resulting powders, besides it had a protective effect on phytochemicals and at the higher addition level allowed to obtain a lower cost per phytochemicals content unit in the product. The product development study for Asaí powder is yet to be completed by antioxidant stability, nutritional and sensory assessments.

BIBLIOGRAPHY

Ainsworth, E. A. and K.M. Gillespie. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Natural Protocols* 2(4): 875-877.

Cicco, N., M.T. Lanorte., M. Paraggio., M. Viggiano. and V. Lattanzio. 2009. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal* 91(1): 107-110.

Lee, J., R.W. Durst. and R.E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC international* 88(5): 1269-1279.

Peña, L.F., B. Giraldo., J.A. Barrera. y M.S. Hernández. 2012. Obtención de pulpa de asai (*Euterpe precatoria Mart*) en la amazonía norte Colombiana. *Vitae* 19(1): 147-149.

Rufino, M., J.Pérez., S. Arranz., R.E. Alves., E.E. De Brito. and M.S.P Oliveira. 2011. "Açaí (*Euterpe oleraceae*) 'BRS Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil." *Food Research International* 44(7): 2100-2106.

Secado por Aspersión de Extracto de Levadura: Efecto sobre las Propiedades Físicoquímicas del Producto

Spray Drying of Yeast Extract: Effect on Product Physico Chemical Properties

Lizeth Magali Marín Gómez¹, Anabel Caicedo Valencia¹, Claudia Isabel Ochoa-Martínez¹, Alejandro Fernández Quintero^{1*}

1 Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de alimentos, Calle 13 #100-00 Ed.338. Cali, Colombia.

*e-mail: alejandro.fernández@correounivalle.edu.co

Resumen. Se investigó el efecto de las condiciones de operación del secado por aspersión de extracto de levadura sobre el rendimiento, el contenido de humedad, la higroscopicidad, la densidad aparente, la solubilidad y el tamaño de partícula del polvo obtenido. Los factores evaluados fueron: la temperatura de entrada del aire (190 - 210 °C), la temperatura de salida del aire (90 - 110 °C) y la velocidad del disco atomizador (20000 - 30000 rpm). Las variables de respuesta fueron estimadas con una buena correlación a excepción de la solubilidad. El efecto de la velocidad del disco atomizador fue significativo (valor $p < 0,05$).

Palabras clave: Rendimiento, humedad, higroscopicidad, densidad aparente, solubilidad, diámetro de partícula

Abstract. The operation conditions effect of spray drying of yeast extract on the yield, moisture, hygroscopicity, bulk density, solubility and particle diameter was investigated. The factors evaluated were the inlet air temperature (190-210 °C), the exit air temperature (90-110°C) and the atomizer speed (20000 – 30000 rpm). Responses variables were predicted with a good correlation, with exception of the solubility. The effect of the disk atomizer speed was significant (p -value < 0.05).

Key words: Performance, moisture, hygroscopicity, bulk density, solubility, particle diameter

INTRODUCCIÓN

El mercado mundial de levadura fresca y seca está en crecimiento con un amplio rango de aplicaciones en la industria de alimentos (Salas, 2007), lo que representa un incentivo para investigar en la producción de levaduras y sus derivados, especialmente en su conservación y almacenamiento. Una de las técnicas más utilizadas es el secado por aspersión (Salas, 2007), obteniendo productos en polvo. El objetivo de este estudio es determinar la variabilidad de las características finales del extracto de levadura en polvo en función de las condiciones del secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó extracto de levadura en polvo EXLV-3111 (Tecnas) el cual se mantuvo almacenado a 4°C. Se preparó una solución con un contenido de sólidos de 30%. Se usó un secador por aspersión piloto (marca VIBRASEC S.A., Colombia) con flujo en contracorriente y atomizador de disco rotativo. La solución se alimentó a través una bomba a 25°C. Se realizó un diseño experimental por superficie de respuesta de Box y Behnken, (1960) para evaluar el efecto de los factores: temperatura de entrada del aire (190, 200 y 210°C), temperatura de salida del aire (90, 100 y 110°C) y velocidad del disco atomizador (20000, 25000 y 30000 rpm). Las variables de respuesta evaluadas fueron: rendimiento, contenido de humedad, índice de solubilidad en agua, higroscopicidad, tamaño de partícula y densidad aparente. El rendimiento se determinó a partir del balance de sólidos; el contenido de humedad se determinó de acuerdo al método AOAC 4.1.06, (2000); el índice de solubilidad se determinó a partir de la metodología descrita por Gómez y Aguilera, (1984), en la que el producto es disuelto en agua durante 15 minutos, centrifugado a 12000 rpm por 1 hora y secado a 105 °C, donde la razón entre la muestra seca y la inicial es la solubilidad. La higroscopicidad se determinó según la metodología descrita por Cajiao y García, (2013), aproximadamente 0,45 g de muestra se expusieron a una atmósfera con 77% de humedad relativa y 30°C y se registró el incremento de peso del sistema en intervalos de 15 minutos durante 1 hora. La higroscopicidad de la muestra es la pendiente de la gráfica que describe la ganancia de agua (g de agua/ kg de sólido seco) en el tiempo. El tamaño de partícula se determinó de acuerdo a la norma ANSI/ASAE S319.3 (2003), utilizando tamices No 18, 35, 120, 270, 325 que corresponden a 1, 0,5, 0,125, 0,053 y 0,044 mm, respectivamente. Se usaron 30 g de muestra y se sometieron a vibración por 3 minutos. Para la densidad aparente (ρ_p) se empleó el método volumétrico. Para el análisis estadístico se empleó el software Statgraphics con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el efecto de los factores evaluados sobre las variables de respuesta. De acuerdo al ANOVA, la velocidad del disco tuvo efecto positivo sobre el rendimiento (Figura 1a) y la higroscopicidad; y negativo sobre el contenido de humedad, la densidad aparente y el tamaño de partícula (valor $p < 0,05$). La temperatura de salida tuvo efecto negativo únicamente sobre la densidad aparente, y la temperatura de entrada no tuvo efecto significativo sobre ninguna variable.

Cuando la velocidad del disco aumenta, el diámetro de partícula disminuye (Figura 1d). Masters (1991) señala que esto se debe a que la velocidad periférica del disco también aumenta, de manera que la energía disponible para el líquido es mayor, causando una mayor fricción entre el disco y el líquido; lo anterior provoca que el área superficial de contacto de la solución también aumente (mayor número de gotas), lo cual favorece la transferencia de masa, esperando así que la humedad de las partículas disminuya (Figura 1b). La humedad a su vez determina otras propiedades del polvo, entre ellas, higroscopicidad y

densidad aparente, así que entre menor sea el contenido de humedad y mayor sea el tamaño del poro, mayor su higroscopicidad debido al gradiente de concentración entre el ambiente y el polvo, facilitando la transferencia de masa por fenómenos convectivos (Nadeau y Puiggali, 1995).

La presencia de agua determina la densidad aparente del polvo, debido a que ésta es considerablemente más densa que los sólidos secos (León *et al.*, 2010). Generalmente, la densidad aparente varía con el contenido de humedad de acuerdo a los cambios efectuados, cuando estos son debido a la temperatura de entrada y la velocidad del disco, como ocurre en este estudio, la densidad aparente varía directamente con la humedad del polvo (Figura 1c), sin embargo cuando los cambios son por flujo de aire, su variabilidad es inversa a la humedad (Goula *et al.*, 2004). En el proceso de secado no se presentaron problemas de pegajosidad en la cámara, por lo tanto el rendimiento depende de las condiciones de operación que faciliten el arrastre de las partículas por el aire hasta el ciclón. En cuanto a la solubilidad, no fue posible predecir su variabilidad respecto a los factores evaluados.

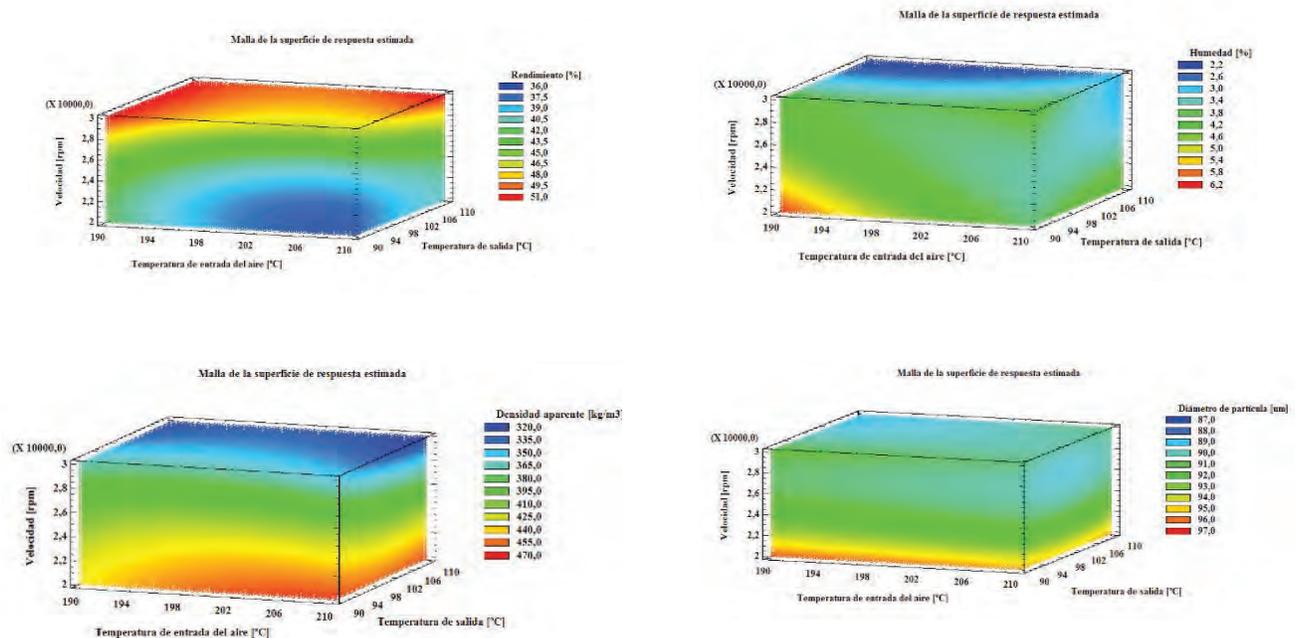


Figura 1. Efecto de la velocidad del disco, temperatura de entrada y salida del aire sobre: (a) rendimiento, (b) humedad, (c) densidad aparente y (d) diámetro de partícula

CONCLUSIONES

En el secado por aspersión de extracto de levadura, la velocidad del disco atomizador es un factor importante, que permite predecir la variabilidad de las propiedades evaluadas con una buena correlación. La velocidad del disco afecta la humedad del extracto de levadura en polvo, variable de la que dependen otras propiedades, como la higroscopicidad y la densidad, por esto, es necesario ajustarla de manera que favorezca su almacenamiento, conservación y transporte. El efecto de las condiciones de secado en las propiedades físicas del polvo se relacionó de forma directa con su humedad final.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC 4.1.06. 2000. Determination of moisture content in: official methods of analysis of AOAC international. 17th Edition. AOAC. International Gaithersburg. USA.
- ANSI/ASAE-S319.3. 2003. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving American National Standards Institute.
- Box, G. and D. Behnken. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics* 2(1): 455-475.
- Cajiao, L. y A. García, 2013. Secado por aspersión del jugo de Borojó (Borojo apatinoi). Tesis de pregrado de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali.
- Gómez, M. and J. Aguilera. 1984. A physicochemical model for extrusion of corn starch. *Journal of Food Science* 49(1): 40-43.
- Goula, A., K. Adamopoulos and N. Kazakis. 2004. Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Technology* 22(5): 1129-1151.
- León, F., L. Méndez and J. Rodríguez. 2010. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. *Carbohydrate Polymers* 81: 864-870.
- Masters, K. 1991. *Spray Drying Handbook*. 5 ed. Longman Scientific & Technical. Estados Unidos. p. 204.
- Nadeau, J. and J. Puiggali, 1995. *Se ´chage: des processus physiques auxprocé ´s industriels*. 1 ed. Cedex. Technique et Documentation-Lavoisier. Paris p. 307.
- Salas, M. 2007. Estudio del proceso de secado de levadura de cerveza. Tesis de pregrado Facultad nacional de ingeniería. Ingeniería química. Universidad técnica de Oruro. Bolivia.

Elaboración de Pasta Untable de Berries en Base a Mantequilla

Elaboration of Spread Berrie Paste Based Butter

Cecilia Gertosio Salinas¹; Raúl Molina Castro²,

1 Academico Asociado Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Av Ecuador 3769. Santiago Chile. cecilia.gertosio@usach.cl

2 Academico Asistente Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Av Ecuador 3769. Santiago Chile. raul.molina@usach.cl

Resumen. La pasta untable de berries en base a mantequilla es un producto nuevo que tiene como principales materias primas: la crema de leche pasteurizada con un 35 % de materia grasa y berries (arándanos y frambuesas). Es un producto potencialmente atractivo, por su color y sabor, posee una menor cantidad de materia grasa en comparación con una mantequilla. Al someterla a un análisis de aceptabilidad a nivel de consumidor resulta ser un producto altamente aceptado con un 92%. Su elaboración tiene un rendimiento bajo y un costo relativamente alto, considerando que se usa una base de mantequilla elaborada artesanalmente con adición de una pulpa de berries, por lo que sería un producto dirigido a un segmento social de mayores ingresos. Se debe tener en consideración que su elaboración industrial podría disminuir los costos y ser factible económicamente.

Palabras clave: pulpa de berries, pasta untable, mantequilla saborizada

Abstract. The spreadable berries paste based butter is a new product that has as main raw materials: milk cream with a 35 % fat and berries (blueberries and raspberries). It is a potentially attractive product, by its color and flavor, has a lower amount of fat in comparison with butter. When subjected to an analysis of acceptability to the consumer level, the product proves to be a highly accepted with a 92%. The elaboration of this product has a low yield and a relatively high cost, considering the fact that a base of butter produced in artisanal form with addition of a pulp of berries is used, so that it would be a product aimed at a social segment of higher income. It should be taken into consideration that its industrial processing could reduce costs and be economically feasible.

Key words: pulp of berries, spreadable paste, flavored butter

INTRODUCCIÓN

La producción de mantequilla se remonta a los inicios del proceso de transformación de la leche. La nata se separaba en forma natural y la mantequilla se elaboraba en forma manual en mantequeras de madera. Gradualmente se fueron mejorando los métodos de elaboración de mantequilla, con lo cual aumentó la calidad del producto y su rendimiento económico.

En el mercado chileno se encuentran variaciones en cuanto a la consistencia de la mantequilla, pero no se encuentran en relación al color y sabor, por lo que se decidió elaborar un producto similar a éste, ya que tiene la misma base (mantequilla), pero en el caso de la “Pasta untable con berries en base a mantequilla” fueron agregados ingredientes adicionales, como lo son los berries, con los cuales la cantidad de materia grasa bajó considerablemente, según análisis, por lo que no cumple con la legislación (RSA) de llamarse mantequilla y debe denominarse pasta en base a mantequilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las materias primas utilizadas fueron crema de leche, azúcar y berries: Frambuesa Roja Americana (*Strigosus de Rubus*) var. *Héritage* y Arándanos Altos del Norte (*Vaccinium Corymbosum L.*) var: *Rabbiteye*.

La formulación se obtuvo a través de ensayos de aceptabilidad, dónde la variante fue la cantidad de pulpa de berries con azúcar a utilizar. En primera instancia se elaboró el producto con un 16,67% de pulpa de berries, donde el producto final no tenía el color buscado y el sabor característico de los berries no era perceptible al paladar, por lo que se aumentó la cantidad de pulpa de berries con azúcar a un 23,08%, dónde el color ya se podía identificar, pero no tenía un sabor característico, ni resaltante que fuese llamativo, por lo tanto se decidió aumentar la cantidad a un 28,57% de pulpa de berries con azúcar donde se encontró un color y sabor atractivo, por lo que ésta fue la formulación que se usó para la elaboración del producto y dio origen a la Pasta untable con berries en base a mantequilla. Debido a que no contenía la cantidad mínima de grasa para denominarse mantequilla

Tabla 1. Formulación del producto.

	% de Pulpa de Berries con azúcar	% de Mantequilla
Primera formulación	16,67%	83,33%
Segunda formulación	23,08%	76,92%
Tercera formulación	28,57%	71,43%



DIAGRAMA DE FLUJO

Análisis sensorial. Se utilizó la Prueba Escala Hedónica, ya que se ha observado que los descriptores causan más confusión que orientación al consumidor, por lo que la modalidad de la pauta no estructurada resulta más entendible para el usuario.

Se utilizó una pauta no estructurada 0 a 10 cm.

La mantequilla fue degustada por 25 panelistas entrenados.

Análisis proximal. El muestreo se realizó, según lo indicado en la NCh 1011/2. Of80. El contenido de humedad, sólidos no grasos y materia grasa se realizaron, según lo indicado en la NCh 1654. Of79. El contenido de proteínas se realizó mediante el método Kjeldahl El contenido de cenizas se determinó según lo indicado en la NCh 1654. Of79. La determinación de hidratos de carbono se realizó por diferencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial. Se determina el nivel de aceptabilidad de las muestras en base al valor promedio de cada una de ellas como resultado de la evaluación sensorial.

Tabla 2. Resultados de las Zonas de aceptabilidad según las medias de las muestras.

Muestras	Valor promedio Aproximado	Nivel de Aceptabilidad Escala Hedónica
A	8,5	Zona de Aceptabilidad
B	8,0	Zona de Aceptabilidad

Tabla 3. Resultados de las zonas de aceptabilidad, indiferencia y rechazo expresado en porcentaje.

Muestra Nivel de aceptabilidad	A	B
% Rechazo	4	4
% Indiferencia	4	0
% Aceptabilidad	92	96

Se realizó análisis de varianza obteniéndose que: $F_{cal} < F_{tab} = 4,05 < 4,26$ para muestras lo que indica que no hay diferencias significativas entre las muestras, vale decir que las muestras son casi igual de aceptables, lo que concuerda con el análisis sensorial donde ambas muestras son aceptadas.

Tabla 4. resultados de análisis proximal.

	Por cada 100 g.	Por porción (7g)
Energía (Kcal)	618,1	43,27
Humedad (g)	16,5	1,16
Grasa total (g)	56,9	3,98
Proteína (g)	1,2	0,08
Cenizas (mg)	140	9,80
Hidratos de carbono totales (g)	25,3	1,77

Los resultados obtenidos indican que el producto no cumple con las especificaciones según el RSA, para mantequillas, ya que la cantidad de materia grasa que se obtuvo fue de 56,9% y según el RSA ésta debe ser como mínimo de un 80%, la humedad obtenida fue de 16,5% y según el RSA ésta debe ser de máx. un 16%, por lo cual este nuevo producto no se puede denominar mantequilla, por lo que se debió ajustar el nombre del producto considerando la legislación chilena vigente.

CONCLUSIONES

Se elaboró un producto nuevo para el país, éste fue un producto en base a mantequilla a la cual se le agregaron productos

adicionales; berries, arándanos y frambuesas, los cuales son frutos con una alta producción en el país y con una elevada cantidad de antioxidantes. Se logro elaborar una pasta unttable de berries en base a mantequilla, teniendo como base una crema de leche con un 35% de materia grasa, esta logro tener una apariencia, sabor y consistencia atractiva, para el consumidor.

La Pasta unttable con Berries en base a Mantequilla, al contener menos cantidad de grasa que las mantequillas, tiene un menor contenido calórico.

Se realizó un análisis sensorial donde la pasta unttable de berries en base a mantequilla, obtuvo un 92% de aceptabilidad, lo cual se puede traducir en una aceptabilidad a nivel de mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Chile. Instituto de Normalización de Chile, NCh 1654. Of 79. - Referencias bibliográficas – Mantequilla - Determinación de agua, sólidos no grasos y materia grasa.
- FAO. Equipo regional de fomento y capacitación en lechería para América latina. Tecnología de calidad de productos lácteos. 1984. Pp: 4.1 - 4.38.
- Murray, R.K. *et al.*,. Bioquímica de Harper. Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V. 12va edición. 1993. Pp: 121-129; 461
- Carpenter, R.P., D.H. Lyon and T.A. Hasdell. 2000. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos Ed. Acribia S.A. Pp: 33 - 64
- Reglamento Sanitario de los Alimentos. Chile. Pp: 58- 73

Efecto de la Temperatura de Secado en el Color de la *Mentha spicata* L. *Effect of Drying Temperature on the Color of Mentha spicata* L.

Frank Jimmy Gracia¹, Patricia Cuervo-Andrade², Sonia Lucia Rincón Prat³

¹ Estudiante Maestría en Ingeniería Agrícola del Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá ffgarcian@unal.edu.co

² Doctora en Agrociencias Universidad Kassel-Alemania. Investigadora Grupo Investigación en Biomasa y Optimización Térmica de Procesos Biot del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá spcuervo@unal.edu.co

³ Profesora asociada del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. slrinconp@unal.edu.co.

Resumen. El color es considerado como un importante parámetro en el análisis de calidad de productos agrícolas y en la industria de alimentos, debido a que está estrechamente asociado a factores como la frescura y la madurez, y es un criterio de decisión de compra. El objetivo de este estudio es

observar el efecto de la temperatura de secado sobre el color de las hojas de *Mentha spicata* L., el estudio se realizó para 4 cuatro temperaturas (30, 40, 50 y 60 °C), manteniendo la velocidad del aire de secado constante. Las muestras fueron tomadas antes de la floración a una humedad de 80% en base

húmeda y fueron llevadas a una humedad final de 10%. El color de las hojas frescas y secas fue medido utilizando un colorímetro. Los cambios de color fueron representados en el sistema L^* , a^* , b^* y L^* , c^* , h^* . El menor cambio para la temperatura de 40°C y el mayor cambio se presentó para la temperatura de 60°C.

Palabras Clave: Secado, calidad en el secado, diferencia de color, secado *Mentha spicata*.

Abstract. Color is considered an important parameter in the analysis of quality of agricultural products and in the food industry, because it is closely associated with factors such as freshness, and maturity, and usually a criterion for buying decision. The objective of this study is to test the effects of drying temperature on the color of *Mentha spicata* L., leaves. The study was conducted at four temperatures, (30, 40, 50 and 60°C), maintaining an air speed of drying constant. Samples were taken before flowering at an humidity of 80 % on a wet basis and were brought to final moisture of 10%. The color of the fresh and dried leaves was measured using a colorimeter. Color changes were represented in the L^* , a^* , b^* and L^* , C , h^* . The less color change was presented at temperature of 40 °C and the greatest was presented at temperature of 60°C.

Key words: Drying, drying quality, color difference, *Mentha spicata* drying.

INTRODUCCIÓN

La calidad se define como el conjunto de características de un producto que cumple con las necesidades del consumidor. Incluye propiedades sensoriales, factores fisiológicos, así como otros factores tales como contribuciones a la salud y la compatibilidad con las condiciones del estilo de vida Barbosa, (2003). El proceso de secado de plantas medicinales y aromáticas (MAP), provoca cambios tanto deseables como indeseables en la calidad del producto final. El cambio en las propiedades durante las etapas de secado es causado principalmente por cambios químicos, biológicos o físicos Martinov, *et al.*, (2007). En este proceso ocurren cambios en la textura, color, olor, sabor y pérdida del valor nutricional. Por esta razón es importante que el secado sea realizado con los parámetros adecuados para disminuir al máximo sus efectos negativos y garantizar la obtención de un producto que sea viable comercialmente o como materia prima para posteriores transformaciones Cuervo, (2011). La *Mentha spicata* L. ha sido usada como PAM desde tiempos antiguos, sus hojas son usadas como saborizantes, en infusión y se utiliza como especie en la culinaria Bruhn, C.M. (1994). El aceite esencial de la menta es utilizado como descongestionante, antiespasmódico y antibiótico Van Wyk y Gericke (2000). La

influencia de secado por aire caliente en el color y contenido de aceite esencial de algunas plantas medicinales y aromáticas se ha reportado en estudios anteriores (Díaz, *et al.*, 2003, Arabhosseini, *et al.*, 2006, Müller y Heindl, 2006). En algunos de los resultados reportados en la literatura se encuentra que para plantas medicinales rangos de temperatura entre 40 y 60°C para el secado son los más óptimos. Es importante realizar investigaciones para cada producto específico debido a la diversidad en sus componentes y geometrías. El objetivo principal de esta investigación es observar el efecto de la temperatura de secado sobre el cambio de color para la *Mentha spicata* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La *Mentha spicata* L. fue obtenida en la zona de El Rosal Cundinamarca. Se tomaron como muestras los 20 cm del tallo medidos desde la parte superior de la rama. El contenido de humedad inicial se determinó a tres muestras de 25 g utilizando el método gravimétrico (103 ± 2 °C durante 24 horas) de acuerdo a la norma ASAE 02 (Barbosa y Ibarz, 2003).

Los ensayos de secado se realizaron en un secador de bandejas de convección forzada y flujo paralelo. Las muestras fueron secadas a 30, 40, 50 y 60 °C, llevando el contenido de humedad hasta 10% en base húmeda. Para cada temperatura de secado se tomaron quince muestras aleatorias de hojas al inicio en fresco y final seco, midiendo el color antes y después del secado. Luego se determinó la variación del color y se estimó el valor promedio para cada tratamiento.

Para la medición del color se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR400 bajo el espacio de color CIE 1976($L^*a^*b^*$). Las mediciones se realizaron dentro de una cámara con iluminación constante para garantizar que la toma de datos se hiciera siempre en las mismas condiciones. La diferencia de color total ΔE , la saturación C^* y el ángulo de tono, h^* se calculan a partir de los valores L^* a^* b^* utilizando como referencia las mediciones realizadas a las hojas frescas de acuerdo a la norma ASTM D2244-02.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del secado en capa delgada de la *Mentha spicata* L a diferentes temperaturas se muestra en la Figura 1.

En la Figura 2 se puede observar que el aumento de la temperatura de secado da como resultado una reducción sustancial en el tiempo total de secado. Para el secado a 50 °C se disminuye en un 81% y para 60 °C en 85 % con respecto al tiempo requerido a 30 °C.

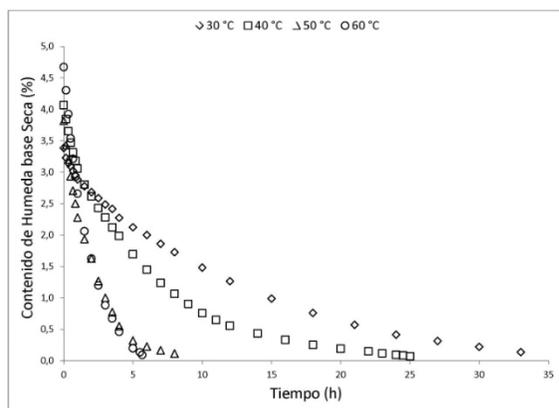


Figura 1. Comportamiento del secado de *Mentha spicata* L. para diferentes temperaturas.

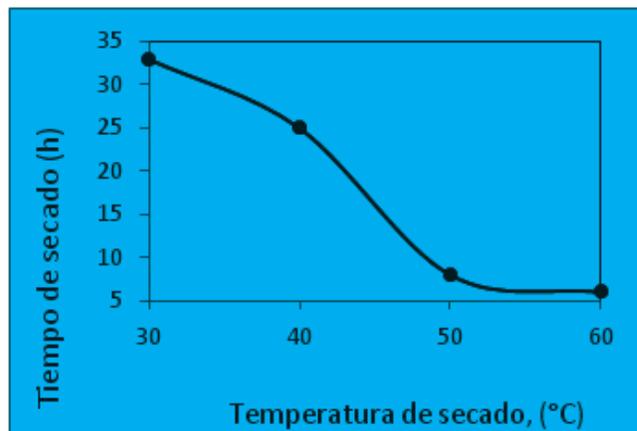


Figura 2. Influencia de la temperatura del aire de secado en el tiempo del proceso

En la Tabla 1 se encuentran todos los valores de las mediciones de color. Las diferencias de saturación (C^*) del producto seco con respecto al fresco fueron negativas, lo que indica que perdieron color durante el proceso de secado, las diferencias más altas se presentaron para temperaturas de 50 y 60°C, y la menor se presentó a 40°C. En las Figuras 3 y 4 se pueden

observar las diferencias de color de las hojas de *Mentha spicata* obtenidas al final del proceso de secado a diferentes temperaturas. En la Figura 3 se muestran las diferencias de color de las hojas de *Mentha spicata* obtenidas al final del proceso de secado a diferentes temperaturas.

Tabla 1. Valores de CIEL*a*b*, C^* , h^* , ΔE para secado de *Mentha spicata* L. a diferentes temperaturas del aire de secado

	30°C		40°C		50°C		60°C	
	Fresco	seco	fresco	Seco	fresco	seco	fresco	seco
L^*	36,29	35,25	33,18	32,46	34,40	30,60	34,00	25,61
a^*	-12,69	-8,53	-11,06	-6,31	-10,72	-5,17	-10,77	-1,75
b^*	15,22	13,46	12,60	11,30	13,12	9,38	12,99	6,78
ΔL^*	-1,04		-0,72		-3,81		-8,40	
Δa^*	4,16		4,75		d5,54		9,02	
b^*	-1,77		-1,30		-3,74		-6,21	
C	19,82	15,93	16,77	12,94	16,94	10,71	16,87	7,00
ΔC	-3,89		-3,82		-6,23		-9,87	
Δh	-7,44		-12,10		-10,37		-25,18	

En la Figura 4a se presentan los valores obtenidos por el sistema CIE 1976($L^*a^*b^*$). La mayor diferencia de color se presentó en la temperatura de 60 °C. Esta temperatura afectó sustancialmente y de manera negativa el color de la *Mentha Spicata*, tornándolo más oscuro y con una calidad no apta para su comercialización.

La Figura 4b presenta los valores de ángulo de tono de color de las muestras de *Mentha spicata* L. frescas y deshidratadas

a diferentes temperaturas de secado. El valor de h^* de hojas frescas estuvo entre 127 y 130 grados, y disminuyó con el aumento de temperatura del aire de secado. De acuerdo con el análisis estadístico hay un efecto significativo del aumento progresivo de la temperatura hasta 60 °C en la tonalidad. Las muestras secadas a 30 y 40 °C mostraron los más altos valores de h^* . Esto implica que las hojas secas obtuvieron un color más verde, es decir más cerca al aspecto de las hojas frescas.



Figura 3. Diferencia de Color de *Mentha Spicata L.* para diferentes temperaturas de secado.

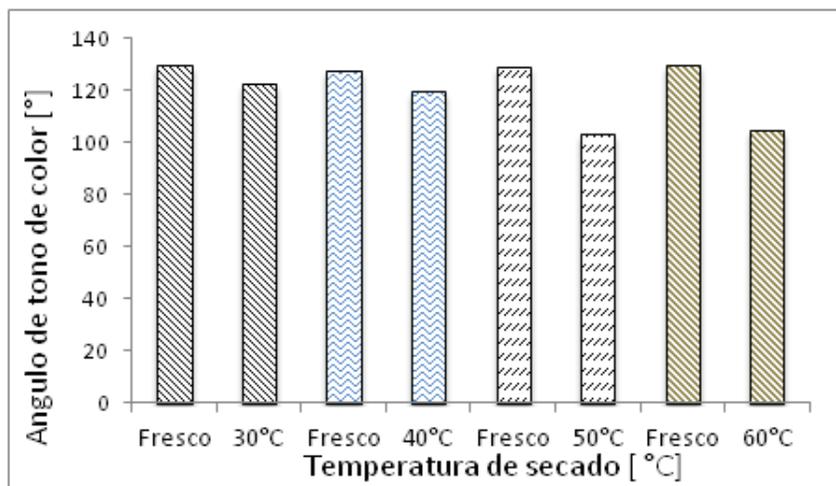
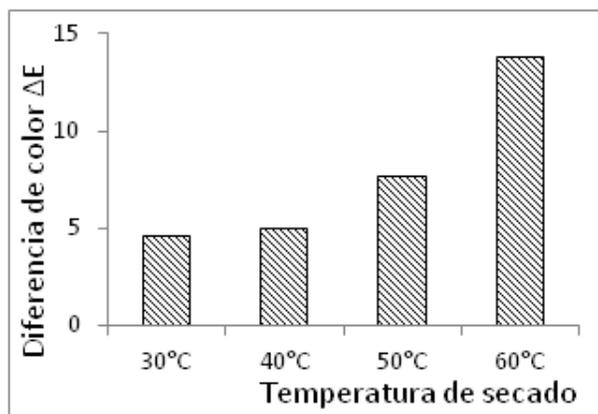


Figura 4. a) Diferencia de color y b) Angulo de tono de las hojas de la *Mentha spicata L.* para diferentes temperaturas de secado

La degradación del color fue más significativa a temperaturas superiores a 40°C. A temperaturas del aire de secado de 50 y 60°C, el valor de h^* o tono disminuyó de 129 a 103 y de 130 a 104 grados esto indica que las hojas tuvieron una reacción drástica al pardeamiento. Es evidente que en este caso el ángulo de tono se mueve desde el verde al rojo, lo que indica el cuadrante del efecto visible de Browning.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados se encontró que el método análisis imagen, así como método de colorimetría puede ser utilizado para observar los cambios de color de las muestras secas de *Mentha spicata L.*

El color de las hojas de *Mentha spicata L.* se vio afectado significativamente durante el secado para las temperaturas de secado de 50 y 60°C. La saturación y la diferencia de color ΔE se vieron afectadas cuando la temperatura del aire de secado se incrementaba desde 30 a 60 °C.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Colciencias por su apoyo financiero mediante el proyecto de investigación "Optimización del proceso de secado de plantas aromáticas y medicinales" contrato RC No. 279-2010.

BIBLIOGRAFÍA

Arabhosseini, A., W. Huisman, A. Van Boxtel and J. Müller. 2006. Sorption isotherms of tarragon *Artemisia dracunculus L.* Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 11(1), 48-51.

ASTM D2244, "Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates," describes the calculation of rectangular and elliptical color differences for opaque samples.

Barbosa, G.V. and A. Ibarz. 2003. Dehydration. In: Unit Operations in Food Engineering. Boca Raton, FL: CRC Press. p 573.

Bruhn, C.M. 1994. Consumer perception of quality. In: Singh, R.P., Oliveira, F.A.R. (eds.). Minimal processing of foods and process optimization. An interface. Boca Raton, etc.: CRC Press, Inc. p 493-504.

Cuervo-Andrade, Sandra Patricia. 2011 "Quality oriented drying of Lemon Balm (*Melissa officinalis L.*), PhD. Thesis. Faculty of Organic Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, University of Kassel- Alemania. P.144.

Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S., González Viñas, M. A., and Cabezudo, M. D. 2003. Influence of drying on the flavor quality of spearmint (*Mentha spicata L.*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(5), 1265-1269.

Martinov M., Oztekin S., Müller J. 2007. Drying. In: Oztekin, Martinov: Medicinal and Aromatic Crops, Harvesting, Drying, and Processing. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, NY, 85-129.

Müller, J., and Heindl, A. 2006. Drying of medicinal plants. In: Bogers R.J, Craker L.E., and Lange D., (eds). Medicinal and Aromatic Plants - Agricultural, commercial, ecological, legal, pharmacological and social aspects. Berlin-Heidelberg: Springer- Verlag. p 237-252.

Van Wyk, B-E., Gericke, N. 2000. People's Plants: a guide to useful plants of southern Africa. Briza Publications, Pretoria.

Cereal Fiber Enriched Evaluation as Bakery Improver by Direct and Sponge Method Through Image Analysis

Análisis de Imágenes para evaluar Fibra de Cereal Enriquecida como Mejorador en Panificación Directa y de Esponja

Santiago García Pinilla¹; Gabriela Caez Ramírez²

¹ Agroindustrial Production Engineering and Industrial Engineering, Universidad de La Sabana – Facultad de Ingeniería – Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca. santiagogapi@unisabana.edu.co

² Professor, Universidad de La Sabana – Facultad de Ingeniería – Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca. gabriela.caez@unisabana.edu.co

Abstract. It has been developed a methodology to evaluate the quality of the fiber - enriched cereal (EFC) as an improver agent in the processes of direct and sponge baking method through a combination of image analysis and physical properties. Bread structure directly depends on the kneading method and the use of enhancing agent, usually chemical, which allow a uniform crumb combined with ingredients that improve the cortex and color. However, is possible the use of natural improver. An objective methodology was proposed to establish the formulation for EFC. Image analysis (IA) and physical properties were evaluated using a combination of texture profile analysis (TPA), absorption capacity of water, color evaluation (CIELAB), morphometric attributes (Feret diameter, circularity) and fractals image (lacunarity of empty spaces (ΔE) and fractal dimension (D_f)) obtained under controlled conditions. Multivariate analysis showed a linear correlation between the parameters of Feret diameter, springiness, stickiness, adsorption, D_f breadcrumb, ΔE , circularity and cohesiveness with a significance level of 0.005. The analysis through multivariate linear model showed the effectiveness of image analysis tools to determine the efficiency of the improver, suggesting the implementation of the direct method at a concentration of 0.5 %.

Key words: natural improver, image analysis, texture profile analysis, color, breadcrumb, bread.

Resumen. Se ha desarrollado una metodología para evaluar la calidad de la fibra de cereal enriquecida (EFC) como agente mejorador en las procesos de panificación directos y de esponja a través de análisis de imágenes combinado con evaluación de propiedades físicas. La estructura del pan depende directamente del método de amasado y del uso de mejoradores, generalmente químicos, para obtener una miga uniforme combinado con ingredientes que mejoren la corteza y el color. Sin embargo, es posible el uso de un mejorador de origen natural. Se propuso una metodología objetiva para establecer la formulación para EFC. El análisis de imágenes (AI) y las propiedades físicas fueron evaluados

usando una combinación de pruebas de análisis de perfil de textura (TPA), capacidad de absorción de agua, evaluación de color (CIELAB), atributos morfométricos (diámetro de Feret, circularidad) y fractales de imagen (lagunaridad E (ΔE) y dimensión fractal (D_f)) obtenidos bajo condiciones controladas. El análisis lineal multivariado realizado mostró una correlación entre los parámetros de diámetro de Feret, elasticidad, adhesividad, adsorción, D_f de la miga, ΔE , circularidad y cohesividad con un nivel de significancia de 0,005. El modelo lineal multivariado mostro la efectividad de las herramientas de AI para determinar la eficiencia del mejorador, sugiriéndose la implementación del método directo a una concentración de 0,5%.

Palabras clave: mejorador natural, análisis de imagen, perfil de textura, color, miga, pan.

INTRODUCTION

Bread preparations required an appropriate proportion of ingredients, allowing growth of alveoli and forming a crust with a characteristic color based on the flour proportion and the type of bread. Bread is a complex medium which many coupled physical phenomena occur during baking, like heat and mass transfers, water evaporation, volume expansion, starch gelatinization, formation of porous and crust structure, and surface browning reaction (Nicolas *et al.*, 2014). Leavening agents (micro-organisms or chemical), improvers, generic term for a wide range of additives used in bread formulations including stabilizers, emulsifiers, oxidants, gums and supplementary enzymes, as the Cereal Fiber Enriched (EFC®) that comes from cellulose, cellulase and four grain seeds, where most nutrient content, vitamins, minerals, proteins, amino acids and enzymatic agents. The first phenomenon produced during baking are bubbles of carbon dioxide (Nicolas *et al.*, 2014). Yeast fermentation releases carbon dioxide causing increased porosity (Bellido *et al.*, 2009). Final product firmness has a strong correlation between crumb firmness and

consumer perception of bread freshness (Carr *et al.*, 2006). The aim of this study was to establish an optimal EFC concentration as a natural improver and bread method elaboration, providing best structure and physical properties of bread.

MATERIALS AND METHODS

Bread preparations required an appropriate proportion of ingredients, allowing growth of alveoli and forming a crust with a characteristic color based on the flour proportion and the type of bread. Bread is a complex medium which many coupled physical phenomena occur during baking, like heat and mass transfers, water evaporation, volume expansion, starch gelatinization, formation of porous and crust structure, and surface browning reaction (Nicolas *et al.*, 2014). Leavening agents (micro-organisms or chemical), improvers, generic term for a wide range of additives used in bread formulations including stabilizers, emulsifiers, oxidants, gums and supplementary enzymes, as the Cereal Fiber Enriched (EFC®) that comes from cellulose, cellulase and four grain seeds, where most nutrient content, vitamins, minerals, proteins, amino acids and enzymatic agents. The first phenomenon produced during baking are bubbles of carbon dioxide (Nicolas *et al.*, 2014). Yeast fermentation releases carbon dioxide causing increased porosity (Bellido *et al.*, 2009). Final product firmness has a strong correlation between crumb firmness and consumer perception of bread freshness (Carr *et al.*, 2006). The aim of this study was to establish an optimal EFC concentration as a natural improver and bread method elaboration, providing best structure and physical properties of bread.

MATERIALS AND METHODS

EFC rates. EFC proportions were determined by the relationship between flour as: 0% (0 g), 0.250% (0.625 g), 0.375% (0.940 g), 0.5% (1.25 g, recommended by producer) and 0.625% (1.560 g). Those rates were prepared by the direct method, sponge method used 0% and 0.5%.

Baking procedures. Sponge baking was performed (Rosada y Martínéz, 2011) a basic formulation including flour (167.5 g, 67% moisture basis (MS)), yeast (6.25 g, 2.5% MS) and water (112.5 g, 45% MS). Mixed for 2.5 min at 145 rpm in a SP-800 mixer at 20 °C, fermented for 180 min at 27 °C. Sponge and remaining ingredients including flour (82.5 g), salt (5 gr), sugar (12.5 gr), butter (20 gr), EFC rates and water (37.5 g), were mixed to 10% past peak (SP-800 mixer, 145 rpm). Dough rested 15 min (30°C) and baked in a GFO oven for 25 min at 180 °C. Direct baking procedure included as ingredients: flour (250 g), salt (6.25 gr), sugar (9.4 gr), butter (21.87 gr), yeast

(9.4 g), EFC rates and water (150 g). Ingredients were mixed in a SP-800 mixer at 150 rpm to 10% past peak consistency at 20 °C. Dough was rested, molded and baked as described above for the sponge method.

Texture profile analysis. Crumb (springiness, stickiness, cohesiveness, firmness, chewiness, fracturability) and crust (fracturability, consistence) test was performed with a texture analyser TAX T2 up to 5 mm of deformation. Also, it was evaluated moisture, bread staling and density.

Image Analysis. Scanning per triplicate (Datta, *et al.*, 2007; Pérez-Nieto, *et al.*, 2010) with a scanner Epson Stylus multifunctional TX125 measuring CIELAB properties. Morphometric attributes from thresholding (0-130) were analysed using FracLac Scan Image/Roi and Box Count: fractal dimension (FDSC), empty spaces lacunarity (Le) and lacunarity (Lf).

Statistical Analysis. Multivariate linear model was used for 31 parameters by SPSS 21, determining correlation between EFC rate and baking method. The Research was supported by Universidad de La Sabana, Enzipan Laboratorios S.A. EFC producer and Liky-Dambar for providing baking equipment and ingredients.

RESULTS AND DISCUSSION

Dough transformation into bread during baking involves important structural changes depending on processing conditions (Mondal and Datta, 2008; Pérez-Nieto *et al.*, 2010) as the 8 attributes gained with $R^2=0.851$ (Feret 0.28, springiness 0.15, stickiness 0.14, absorption 0.12, Df of the breadcrumb 0.11, Le 0.08, circularity 0.05, cohesiveness 0.04), as shown in the Figure 1 (A and B). The increase in moisture and EFC concentration are proportional, however, excessive retention observed with EFC.625% decrease crumb moisture.

Regardless of the method increasing EFC allowed better performance of the mass due to the fermentation time, improving liquid absorption that impacts the entire process, particularly mechanical properties of mass yield and final quality, also decreases at higher hydration and protein interactions. Crumb higher absorbency quality displays when preparing flour bread, where gelatinization occurs, better ovenspring, crumb softness of a slower starch retrogradation. So absorptive capacity is so critical for baking. Crumb chewiness generated smooth and airy crumb depended on gumminess and springiness created at the time of kneading in which gluten is developed. Df is sensitive to structural changes presented during baking, showing changes in the amount and reduction of alveolis due to

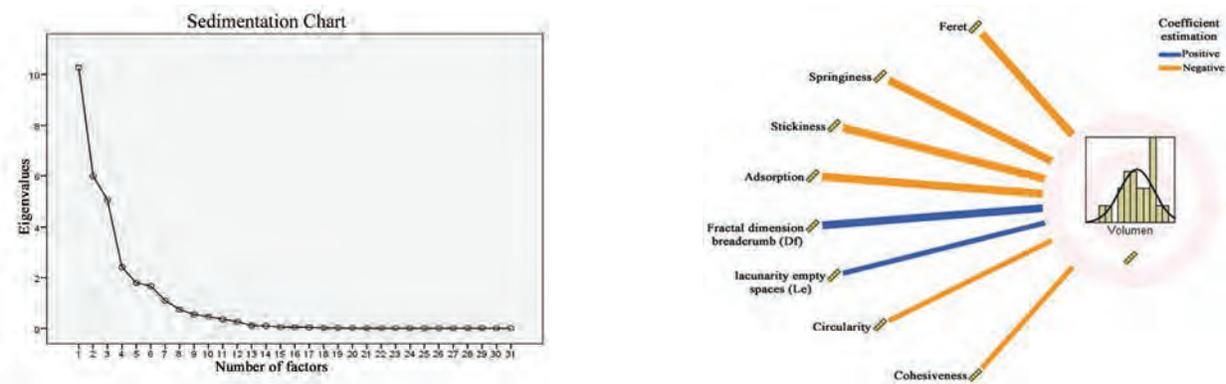


Figure 1: Statistical analysis with SPSS of 31 factors (A), 8 attributes and their relationship (B). Left to right.



Figure 2: Bread slices scanned and prepared to image analysis.

the presence of EFC. Alveoli opening reduced allowing crumb to be more compact and better distribution providing a low Df associated to a soft fractal texture, while high Df can be related to a rough fractal texture (Figure 2). The importance degree of cofactors verifies that EFC application by direct method and sponge method influences mass aspects, crumb porosity, color and texture attributes. Each one enables one to demonstrate the dependence of natural additive bread development.

CONCLUSIONS

EFC under different methods improves morphometric and physical attributes at a concentration of 0.250% and 0.5%. EFC functionalities in sponge method degassed conducted at the time of mixing with the sponge dough, causing a weak gluten structure. Multivariate analysis showed a linear correlation among Feret diameter, springiness, stickiness, adsorption, Df, LE, circularity and cohesiveness with a significance level of 0.005 showing the effectiveness of image analysis tools to determine improve efficiency, suggesting the implementation of the direct method at a concentration of 0.5 % with a 85% of acceptance over 60% from the other concentrations.

BIBLIOGRAPHY

- Bellido, G., M.G. Scanlon and J.H. Page. 2009. Measurement of dough specific volume in chemically leavened dough systems. *Journal of Cereal Science*, 49(2): 212-218.
- Carr, L., M. Rodas, J. Della Torre and C.C. Tadini. 2006. Physical, textural and sensory characteristics of 7- day frozen part- baked French bread. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5): 540-547.
- Datta, A.K., S. Sahin, G. Sumnu and S. Ozge. 2007. Porous media characterization of breads baked using novel heating modes. *Journal of Food Engineering*, 79(1): 106-116.
- Mondal, A., and A. Datta. 2008. Bread baking –A review. *Journal of Food Engineering*, 86(4):465-474.
- Nicolas, V., P. Salagnac, P. Glouannec, J.P. Ploteau, V. Jury and L. Boillereaux. 2014. Modelling heat and mass transfer in deformable porous media: Application to bread baking. *Journal of Food Engineering*, 130(0):23-35.
- Pérez, A., J. Chanona, R. Farrera, G. Gutiérrez, L. Alamilla and G. Calderón. 2010. Image analysis of structural changes in dough during baking. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3):535-543.

Elaboración de una Galleta a Base de Yogur

Modeling of a Yogurt Based Cookie

German A Giraldo G¹

¹ Universidad del Quindío, Facultad Ciencias Agroindustriales, ggiraldo@uniquindio.edu.co

Resumen. El yogur es un alimento funcional de alta calidad, debido a los aportes nutricionales, su composición permite el desarrollo de galletas funcionales bajas en calorías, respuesta a la demanda de alimentos saludables. Este trabajo en la primera etapa formuló yogures a partir de la mezcla de leche en polvo entera y descremada hasta concentraciones de grasa del 3% y sólidos solubles (ss) y de 9 a 12% de leche pasteurizada a 85°C, se inoculó a 42°C con 0,04 g/L de cepas de *Streptococcus salivarius subesp. thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii subesp bulgaricus*, con y sin *Bifido bacterium lactis* (HN019) al 0,2 g/L. En la segunda etapa el yogur se deshidrató, se adicionó inulina y se estabilizó a 35°C, a la mezcla se le evaluó la actividad de agua (a_w), densidad, grasa, sólidos totales, proteína, punto crioscópico, pH, acidez y UFC/ g. El resultado permitió la selección del yogur con 3% de grasa y 11% de ss como el más adecuado, y en la segunda fase este yogur fue ratificado como el mejor, debido a que su concentración permitió que la deshidratación alcanzara la formación de pasta, con capacidad para producir galletas.

Palabras clave: Galleta, yogur, probióticos, secado.

Abstract. Yogurt is a high quality functional food. Nutritional intake due to its composition allows the development of functional low - calorie cookies, response to the demand for healthy foods. This work in the first stage made yogurt from the mixture of whole milk and nonfat dry up fat concentrations of 3% and soluble solids (ss) and 9-12% of pasteurized milk at 85°C, inoculated at 42°C with 0.04 g/L of *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* and *Lactobacillus delbruekii subsp bulgaricus*, with and without *Bifido bacterium lactis* (HN019) 0.2 g / L. In the second step, the dry yogurt, inulin was added and stabilized to 35 °C, the mixture was evaluated water activity (a_w), density, fat, total solids, protein, freezing point, pH, acidity and CFU / g. The result allowed the selection of yogurt with 3% fat and 11% ss as the most appropriate, and in the second phase this yogurt was ratified as the best, because its concentration allowed that dehydration reached pulping with capacity to produce cookies.

Key words: Biscuit, yogurt, probiotics, drying.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales a futuro deben aportar prebióticos y probióticos, los procesos investigativos han desarrollado nuevos productos inoculando *Bifidobacterium*, *Lactobacillus bulgaricus*,

casei y *acidophilus*, microorganismos que fortalecen el sistema digestivo. Los resultados obtenidos por Beal *et al.*, (1999), demostraron que un yogur más viscoso se obtuvo con cepa *Streptococcus thermophilus* texturizado, a temperatura baja y pH bajo, mientras que Tamime y Robinson (1991) estudiaron la filtración por membrana y la centrifugación, proceso que restringió la contaminación microbiana. Zeynep *et al.*, (2005) evaluaron diferentes cepas fermentativas de yogur a diferentes temperaturas de incubación para la producción de yogur natural, también Kim y Bhowmik (1994) utilizaron yogurt concentrado y secado al vacío en microondas, y los compararon con yogur secado por liofilización y pulverizado, evidenciando una mejor respuesta en las isoterms de sorción de yogur concentrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la materia prima. Se seleccionó leche en polvo entera (lote 0012000202) y leche en polvo descremada (lote 0262020104) de la marca comercial Colanta. El fermento láctico utilizado fue *Streptococcus salivarius subesp. thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii subesp bulgaricus*, con y sin *Bifidobacterium lactis* y *Bifidobacterium lactis* (HN019), de la marca comercial Danisco. Los productos se almacenaron en un medio seco y refrigerado.

Elaboración del yogur. Las mezclas de leche en polvo entera y leche en polvo descremada se disolvieron en agua a 40°C hasta obtener soluciones fluidas de 9 a 12% de ss, se homogenizó, se pasterizó a 85°C por 15 min y se estabilizó a 42°C. La mezcla se inoculó con un cultivo de 0,04 g/L de *Streptococcus salivarius subesp. thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii subesp bulgaricus* (1:1), 0,2 g/L, *Bifido bacterium lactis* de howaru (HN019) y 0,2 g/L de *Bifidobacterium lactis* Bi - 07, se mantuvo a esta temperatura hasta obtener un pH de 4.8, luego se refrigeró a 5°C por 12 horas, se evaluaron las variables a_w , densidad, grasa, ss, proteína, punto crioscópico, pH, acidez y análisis microbiológico (mesófilos, coliformes totales y fecales).

Filtración. El yogur en estado fresco, se filtró, se evaluó la a_w , densidad, grasa, ss, proteína, punto crioscópico, pH, acidez y UFC/g

Producción de galleta. La pasta de yogur obtenida se sometió a secado a 35 °C, hasta una a_w de 0,600, se determinaron las variables de respuesta; a_w , humedad, color, textura y UFC/

g. Los resultados se emplearon para analizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado.

Análisis Fisicoquímico. A los productos de cada proceso se le realizaron los siguientes análisis: actividad de agua (a_w) por higrómetro aqualab, pH: utilizando un pH-metro Accumet basic; sólidos solubles por secado a 85°C por 4 horas; viscosidad en un viscosímetro Selecta con usillo nº 4 y 30 rpm; densidad por potenciometría; proteína por el método Kjeldahl; grasa por método de Gerber, y acidez (ácido láctico) por el método volumétrico, punto crioscópico por punto de congelación (AOAC, 2000).

Análisis Microbiológicos. La calidad y la inocuidad del yogur se determinaron a partir del análisis de mesófilos, coliformes totales y fecales. Para ello, se realizaron dos experimentos independientes, por duplicado para todas las pruebas. Para mesófilos se sembraron las diluciones 10^{-1} hasta 10^{-4} en medio plate count. Para coliformes se realizó por la técnica de filtración por membrana descrita por Romain *et al.*, (2013), posteriormente las placas de Petrifilm se incubaron a 32C por 48h para coliformes totales, mientras que los coliformes fecales se incubaron a 45C por 48h. El recuento utilizado para medir las bacterias lácticas, fue un medio para el recuento por dilución en masa, a través del medio APT.

Análisis Estadístico. Se aplicó un diseño aleatorio para determinar las diferencias significativas entre cada una de las variables en las diferentes composiciones y muestras, a través de ANOVAS. El análisis se hizo por triplicado con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la leche reconstituida. El incremento de la concentración de proteína en la leche formulada se debe al incremento de la leche en polvo descremada, variables similares fueron encontradas por M. Chollet *et al.*, (2013).

Evaluación Microbiológica de la leche reconstituida. En la Tabla No 1 se muestra el análisis microbiológico de la mezcla de leche en polvo reconstituida.

Al comparar estos resultados con las recomendaciones contempladas en el Decreto 0616 del 8/02/2006 (reglamento técnico lechero), se puede considerar que este producto se encuentra en condiciones óptimas para su consumo.

Caracterización del yogur en estado fresco. En la Tabla 2, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de los yogures en estado fresco con diferentes concentraciones de sólidos solubles producto de la leche analizada.

El yogur mostro que existían variables controladas y otras se alteraban por acción de la proteína de la leche descremada, pero que en sumatoria portaban mayor concentración de ss.

Secado de yogur. El proceso de deshidratación y secado del yogur realizado durante 48 horas a 35°C, evitaron la destrucción de las bacterias lácticas. Las galletas de yogur arrojaron los siguientes resultados: aw de 0,581 a 0,591; la textura de 2,5 N/cm³ a 2,21 N/cm³.

Evaluación Microbiológica. La galleta de yogur con concentración

Tabla 1. Recuento de Microorganismos de leche en polvo reconstituida y pasteurizada.

Índices	n	m	R (9%)	R(10%)	R(11%)	R(12%)
Mesófilos ufc/mL	4	4 x 10 ⁴	0,1x10 ⁴	1x10 ⁴	0,7x10 ⁴	1,3x10 ⁴
Rto. Coliformes ufc/mL	4	<1 0	0	0	0	
Rto. Coliformes fecales ufc/mL	4	4 menor que 1	0	0	0	0

n = número de muestras que se van a examinar

m = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

R = resultado del análisis de las muestras analizadas

Tabla 2. Caracterización del yogur en estado fresco

Ingredientes	Densidad	grasa	S no graso	proteína	Punto crioscó	aW	pH	Acidez
Yogur 9%	1,0320	3,0	17,02	3,15	-0,787	0,998	4,82	0,704
Yogur10%	1,0330	3,0	17,03	3,49	-0,839	0,998	4,80	0,669
Yogur 11%	1,0350	3,0	17,29	3,88	-0,952	0,997	4,86	0,704
Yogur 12%	1,0360	3,0	17,85	3,23	-0,957	0,998	4,86	0.880

del 11% ss., conservaron una concentración de 2.3×10^{-8} UFC a las 96 horas, nivel muy superior en probióticos.

CONCLUSIONES

La galleta de yogur con mejores características se obtuvo con yogur formulado con 11% de sólidos totales, se concentró en filtrado por gravedad y se secó a 35°C por sistema de secado convectivo.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. 2000. Official methods of Analysis. 16th Edition. Association of official Analytical Chemists. Washington D.C; USA.
Beal C., J. Skokanova, E. Latrille, N. Martin and G. Corrieu. 1999 Combined Effects of Culture Conditions and Storage Time on

Acidification and Viscosity of Stirred Yogurt Journal of Dairy Science, Volume 82, Issue 4, Pages 673-681,
Kirn, S.S. and S.R Bhowmik. 1994 Moisture sorption isotherms of concentrated yogurt and microwave vacuum dried yogurt powder Journal of Food Engineering, Volume 21, Issue 2, Pages 157-175.
Chollet, M., D. Gille, A. Schmid, B. Walther and P. Piccinalli. 2013. Acceptance of sugar reduction in flavored yogurt, Journal of Dairy Science Volume 96, Issue 9, September 2013, Pages 5501-5511.
Tamime y Robinson. 1991. En: catarina.Udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/.../capitulo6.pdf.
Guzel, Z.B, E. Sezgin and A. Seydim. 2005. Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt Food Control, Volume 16, Issue 3, Pages 205-20

Comparación Cinética de un Secador de Bomba de Calor y Secador Convectivo con Recirculación Total

Kinetic Comparison of a Heat Pump Dryer and a Full Recirculation Convective Dryer

Gómez-Daza, J.C.^{1*} y Ochoa-Martínez, Claudia I.¹

1 Universidad del Valle, GIPAB, Calle 13 No. 100-00, Ciudad Universitaria Meléndez, Edificio 338, Juan. gomez.d@correounivalle.edu.co, claudia.ochoa@correounivalle.edu.co

Resumen. Se compararon dos esquemas de secado para deshidratar zanahoria considerando el potencial de secado definido a partir de la presión de vapor en el material y la presión parcial del vapor de agua en el aire. Se tomó como parámetro de comparación el contenido de humedad final. No se encontraron diferencias estadísticas significativas con base en la prueba de Fischer. La hipótesis supone que para fuerzas impulsoras similares (P) el contenido de humedad final después de 5 horas es similar y el tipo de secador no tiene efecto significativo.

Palabras clave: Potencial, secado, zanahoria, presión-vapor, presión-parcial, fuerza

Abstract. Two schemes considering drying potential defined from the vapor pressure in the material and the partial pressure of water vapor in the air were compared for dehydrated carrot. Final moisture content was taken as a comparison parameter. No statistically significant differences based on the Fischer test were found. The hypothesis assumes that for similar driving forces (P), final moisture content after 5 hours is similar and the type of dryer has no significant effect.

Key words: Potential, drying, carrot, vapour-pressure, partial-pressure, force.

INTRODUCCIÓN

La investigación y desarrollo en secado han mostrado un crecimiento exponencial en las pasadas tres décadas y se dirige a la reducción del consumo de energía, a la calidad del producto, el impacto ambiental, la inocuidad y el desarrollo de nuevos productos y procesos. Son escasos los trabajos que consideran la diferencia entre las presiones de vapor que representa la fuerza motriz externa para la transferencia de masa debida a las condiciones ambientales (Ekechukwu, 1999). Se han encontrado barreras para la implementación de los secadores asistidos por bomba de calor (Ranjan *et al.*, 2004), sin embargo, el secador de bomba de calor SBC es promisorio desde el punto de vista económico, de calidad y ambiental (Hawladar *et al.*, 2006). Por otra parte, Pelegrina *et al.*, (1999) encontraron mediante simulación, que la recirculación del aire tiene un efecto positivo sobre el secado. En este trabajo, se comparan desde el punto de vista cinético (mediante el contenido de humedad final, Xf), un SBC y un secador convectivo con recirculación total (SCC), considerando el potencial de secado (fuerza impulsora) como parámetro de comparación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó zanahoria (*Daucus carota L.*) variedad Nantes como alimento modelo. Se emplearon rodajas de 3 cm de diámetro de 2, 3 y 4 mm de espesor. El contenido de humedad inicial promedio de la zanahoria fresca fue de 8,39 (bs). El SBC (marca Dartico) consiste en un circuito de refrigeración conformado por un condensador de 2,7 kW, un evaporador de 3,9 kW, un compresor recíprocante de pistón de 0,2 kW y una válvula de expansión de 220 a 30 psi. En la cámara de secado se ubicaron 5 bandejas de 0,36 m x 0,36 m. El SCC funciona en el mismo equipo sin el circuito de refrigeración. En el SBC se fija la humedad relativa (HR, %) y en el SCC se fija la temperatura (T, °C). Por tratarse de sistemas cerrados, los secadores trabajan en condiciones definidas por la pareja HR-T, que definen la fuerza impulsora o potencial de secado, calculado a partir de la presión de vapor en la superficie del alimento y la presión parcial del vapor de agua en el aire. El parámetro de comparación empleado fue el contenido de humedad final, obtenido a un tiempo fijo de 5 h. Se realizó un análisis mediante el estadístico de Fischer. El criterio de rechazo de la hipótesis nula es $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$. Para este caso, con 4 grados de libertad $F_{\text{tab}} = 6,39$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El potencial de secado calculado según las condiciones empleadas para cada secador se presenta en la Tabla 1. Debido a la dificultad de obtener potenciales iniciales iguales para ambos secadores, se compararon potenciales similares.

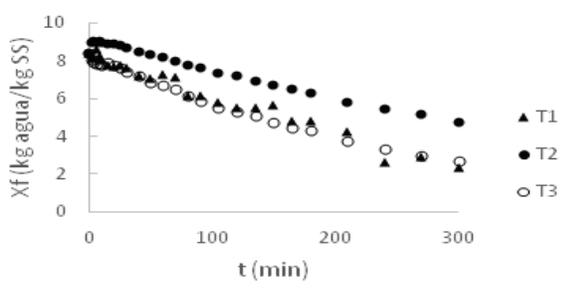


Figura 1. Efecto del potencial (P) sobre el contenido de humedad para SBC y SCC, para muestras de 3 mm de espesor y velocidad de aire de 1,0 m/s.

En las Figuras 2 y 3, se presenta el efecto del espesor y de la velocidad de secado, respectivamente, para el caso en el cual los potenciales de secado son $\text{SCC} > \text{SBC}$. El espesor no tiene efecto sobre las cinéticas, se obtienen resultados equivalentes para los dos potenciales al variar el espesor (Figura 2). La velocidad del aire sí afecta las cinéticas, siendo favorable operar a la velocidad mayor para los dos potenciales (Figura 3).

Tabla 1. Potencial de secado (P) para las condiciones de operación en los secadores evaluados

Tratamiento	T (°C)	HR (%)	$P = P_p)s - P_p)a$ (Pa)	Secador
T1	50	50	713.68	SCC
T2	35	50	569.24	SBC
T3	40	35	859.70	SBC

$P_p)s$: presión de vapor en la superficie del alimento,
 $P_p)a$: presión parcial del vapor de agua en el aire

Como se observa en la Figura 1, al secar en el SBC con un potencial cercano (por encima o por debajo) del empleado en el SCC, la cinética de secado es muy similar. Estadísticamente no se observan diferencias significativas en las humedades finales en los tres tratamientos. La fuerza impulsora depende de la HR y la temperatura simultáneamente. A HR más bajas y temperaturas mayores se logra mayor fuerza impulsora. Existen por lo tanto diferentes combinaciones HR-T que permiten tener una fuerza impulsora similar. Aunque Aversa *et al.*, (2007), encontraron que la humedad relativa y la velocidad del aire, tienen mayor efecto que la temperatura y por el contrario, Krokida *et al.*, (2003) encontraron que la temperatura es el factor más importante en el secado convectivo, estas conclusiones deben estudiarse desde el punto de vista del potencial de secado que tengan los sistemas.

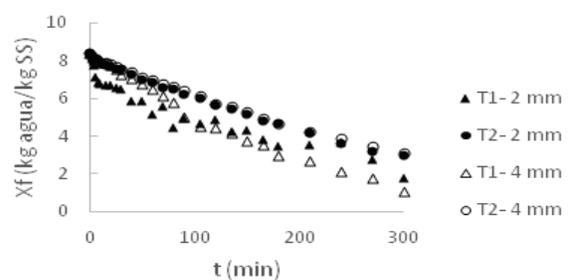


Figura 2. Efecto del espesor (2 y 4 mm) sobre el contenido de humedad para velocidad de aire de 1,2 m/s

El estadístico de prueba para los resultados de la comparación de los cinco experimentos en cada secador ($F_{\text{calc}} = 1,63$), permite concluir que no hay diferencias estadísticas significativas entre las cinéticas de los dos secadores, a pesar de las observaciones parciales respecto al efecto del espesor y la velocidad observados en las Figuras 2 y 3.

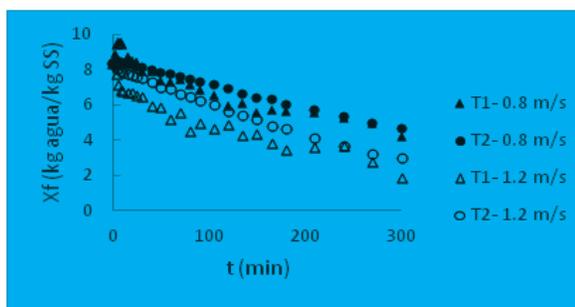


Figura 3. Efecto de la velocidad (0,8 y 1,2 m/s) sobre el contenido de humedad para espesor de 2 mm

CONCLUSIONES

Existen combinaciones de temperatura-humedad relativa en el proceso de secado que permiten tener resultados análogos en cuanto al contenido de humedad final para un tiempo fijo de secado en muestras de zanahoria, a pesar de las diferencias cualitativas observadas para el efecto de la velocidad. Se validó estadísticamente la equivalencia de potenciales. El proceso de secado de zanahoria bajo las condiciones temperatura y humedad relativa no presentó diferencias significativas usando un SSC (50°C, 50% HR) y un SBC (35°C, 50% HR; 40°C, 35% HR).

BIBLIOGRAFÍA

- Aversa, M., S. Curcio, V. Calabró and G. Iorio. 2007. An analysis of the transport phenomena occurring during food drying process. *Journal of Food Engineering* 78: 922-932.
- Ekechukwu, O.V. 1999. Review of solar-energy drying systems I: an overview of drying principles and theory. *Energy Conversion & Management* 40: 593-613.
- Hawlder, M.N.A., C.O. Perera, M. Tian and K.L. Yeo. 2006. Drying of guava and papaya: Impact of different drying methods. *Drying Technology* 24: 77-87.
- Krokida, M.K., V.T. Karathanos, Z.B. Maroulis and D. Marinou-Kouris. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering* 59: 391-403.
- Pelegrina, A.H., M.P. Elustondo and M.J. Urbicain. 1999. Rotary semi-continuous drier for vegetables: effect of air recycling. *Journal of Food Engineering* 41: 215-219.
- Ranjan, R., J. Irudayaraj, J.N. Reddy and A.S. Mujumdar. 2004. Finite-element simulation and validation of stepwise drying of bananas. *Numerical Heat Transfer, Part A* 45: 997-1012.

Contenido de Humedad y Aceite Durante el Freído de Batata (*Ipomoea Batatas Lam*) Usando Recubrimiento

Moisture and OIL Content During Frying of Sweet potato (*Ipomoea Batatas Lam*) Using Edible Coating

Adriana González¹, Armando Alvis², Guillermo Arrázola³

¹ Candidata a Magíster en Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
adriana.gonzalez22@yahoo.com

² Docente, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
aalvis2@hotmail.com

³ Docente, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
guillermo.arrazola@ua.es

Resumen. Se estudió el efecto que tienen el recubrimiento comestible y la temperatura en la pérdida de humedad y la absorción de aceite durante el freído por inmersión de trozos de batata. Los tratamientos analizados consistieron en la combinación de dos factores importantes durante el proceso de freído: el uso de un recubrimiento comestible y la temperatura del aceite. El recubrimiento comestible

consistió en la aplicación de una solución de carboximetil celulosa CMC al 0.5 % y el proceso de freído se realizó a tres temperaturas: a 150, 170 y 190 °C. El recubrimiento comestible disminuye más del 30 % el contenido de aceite final para todas las temperaturas de freído utilizadas, lo que hace que sea una excelente elección para mejorar la calidad nutricional de los productos fritos.

Palabras clave: *Perdida de humedad, absorción de aceite, batata, freído, recubrimiento*

Abstract. *The effect that edible coating and temperature have in moisture loss and oil uptake during deep-fat frying of sweet potato chips was examined. Treatments were the combination of two important factors during the frying process: the use of an edible coating and oil temperature. The edible coating consisted in the application of a solution of carboxymethyl cellulose 0.5 % CMC and the frying process is carried out at three temperatures: 150, 170 and 190 °C. The edible coating decreases more than 30% of finished oil content for all frying temperatures used, which makes it an excellent choice for improving the nutritional quality of fried products.*

Key words: *Loss of moisture, oil absorption, sweet potato, fried, coated*

INTRODUCCIÓN

El freído es un proceso rápido para preparar comida con mucho contenido de grasa. Por lo tanto, se han estudiado diferentes variables del proceso para obtener posibles atributos de un producto final saludable acorde con las nuevas necesidades de alimentos ricos y reducidos en grasa. Con la presente investigación se estudió el comportamiento de la pérdida de humedad y absorción de aceite durante el freído por inmersión con diferentes tratamientos, utilizando diferentes temperaturas y aplicando un recubrimiento comestible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron las batatas de la variedad roja producida en el departamento de Córdoba. Las unidades fueron lavadas, peladas y cortadas manualmente con las dimensiones de 1×1×5 cm. Todas las muestras fueron sometidas a escaldado en una solución acuosa al 0,5% de cloruro de calcio en ebullición durante 5 minutos, la mitad de las muestras fueron sometidas al pretratamiento de recubrimiento comestible y la otra mitad al freído directamente. El recubrimiento comestible se aplicó sumergiendo las muestras en una solución acuosa de carboximetil celulosa al 0,5% a temperatura ambiente, se dejaron en escurridor metálico mientras se secaban con un secador manual con velocidad de 28,53 mph y temperatura aproximada de 98 °C durante seis minutos. El proceso de freído se realizó con aceite de palma en una freidora a tres temperaturas: 150, 170 y 190 °C. El contenido de humedad y de grasa fueron determinados según los métodos de la AOAC (2003) en diferentes tiempos de freído 0, 15, 30, 40, 60, 120, 180, 240, 300

segundos. Para analizar la influencia de la temperatura y el recubrimiento sobre la pérdida de humedad y la absorción de aceite se aplicó un diseño de experimentos factorial en bloques, donde se consideró el tiempo de fritura como el factor de bloqueo y se tomaron como tratamientos las seis combinaciones de los factores temperatura y recubrimiento, cuyos niveles fueron 150, 170 y 190 °C para la temperatura y ausencia (0) y presencia (0,5) para la cobertura. El número de repeticiones por tratamiento fueron tres.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los porcentajes de humedad y de grasa se presentan en la figura 1. El resultado del análisis de varianza para la pérdida de humedad y la absorción de aceite indicó que hay un efecto altamente significativo del factor de bloqueo,

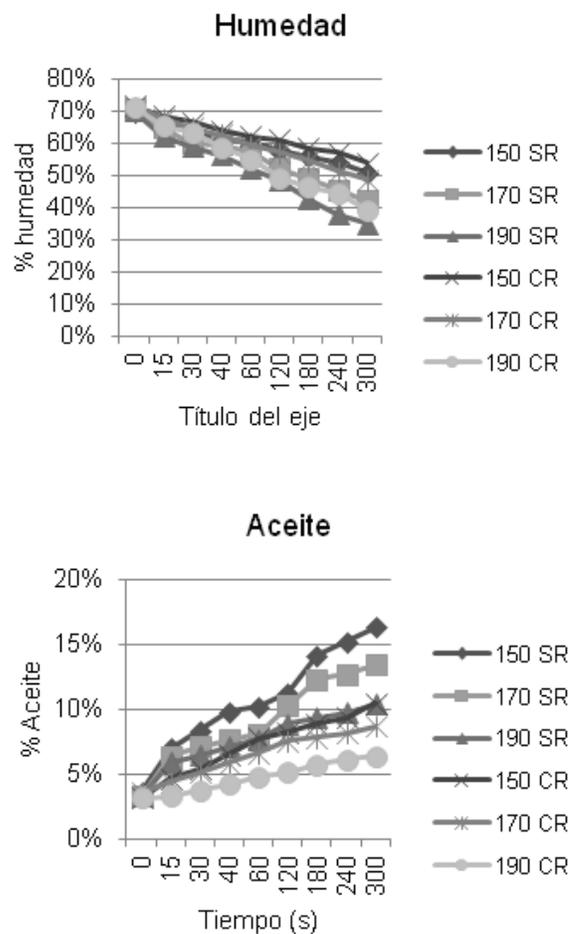


Figura 1. Comportamiento del contenido de humedad y de aceite durante el freído.

de la temperatura y del recubrimiento, pero no se encontró efecto de la interacción de los factores; además, según prueba de Tukey se encontraron que todas las diferencias en el contenido de humedad y aceite fueron significativas. Las muestras con recubrimiento un contenido de humedad mayor que para las muestras sin recubrimiento. El mismo comportamiento lo tuvieron las muestras que fueron fritas a menor temperatura; es decir, las muestras fritas a 150 °C tuvieron valores mayores de contenido de humedad que las fritas a 170 °C, y éstas a su vez que las de 190 °C.

En el caso de la absorción del aceite, las muestras sin recubrimiento el contenido de aceite fue mayor que para las muestras sin recubrimiento. El mismo comportamiento lo tuvieron las muestras que fueron fritas a menor temperatura; es decir, las muestras fritas a 150 °C tuvieron valores mayores en el contenido de aceite que las freídas a 170 °C, y éstas a su vez que las de 190 °C.

A mayor temperatura de freído se observó mayor pérdida de humedad y menor absorción de aceite como lo ratifican otros estudios (Moyano y Pedreschi, 2006; Durán *et al.*, 2007; Pedreschi *et al.*, 2008; Marcano *et al.*, 2010). Cuando se fritó a mayor temperatura aumenta la velocidad de evaporación del agua y por lo tanto es más rápida la pérdida de humedad, el aceite se adhiere a la superficie mientras las presiones internas mayores impiden su penetración en la estructura del producto y se absorbe en los poros sólo cuando el producto sale del aceite y se enfría (Mai Tran *et al.*, 2007). Además, a mayor temperatura también se gelatinizan más rápido los almidones y el porcentaje de agua libre se agota en el producto creando una barrera para el escape de vapor que causa una expansión abrupta en los poros de capilaridad, que al aumentar su tamaño disminuyen la presión capilar y la absorción de aceite (Moreira *et al.*, 2009).

Aunque teóricamente se ha expresado que el contenido de aceite en un producto frito se encuentra sobre el 40% del producto final. Las muestras tratadas con recubrimiento de carboximetil celulosa CMC absorbieron una cantidad de aceite de 10,42 %, 7,83 % y 5,12% con un porcentaje de reducción 35,93 %, 36,22 % y 42,14 % en tiempos de 300, 180 y 120 segundos para temperaturas respectivas de 150, 170 y 190°C. Esto se debe a que la función más

importante que cumple el CMC es la de evitar la pérdida de humedad ya que tiene la capacidad de ligar el agua, y, por lo tanto, disminuye la cantidad de aceite que la puede sustituir (Varela y Fiszman, 2011). Además, como es un polímero hidrofílico, forma una capa fina sobre la superficie del alimento que se comporta como barrera a la incorporación de aceite (Varela y Fiszman, 2011).

CONCLUSIONES

El recubrimiento comestible disminuye más del 30% el contenido de aceite final para todas las temperaturas de freído utilizadas, lo que hace que sea una excelente elección para mejorar la calidad nutricional de los productos fritos.

REFERENCIAS

- AOAC. 2003. Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Chapter 32: 1, 2, 5 y 14, Washington, U.S.A.
- Durán M., F. Pedreschi, P. Moyano y E. Troncoso. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering* 81:257:265.
- Mai Tran T., X. Dong Chen y C. Southern. 2007. Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet' pre-treatment technique. *Journal of Food Engineering* 80: 719-726.
- Marcano J., Y. La Rosa y N. Salinas. 2010. Influencia del proceso de fritura en profundidad sobre el perfil lipídico de la grasa contenida en patatas tipo "french", empleando oleína de palma. *Grasas y Aceites* 61 (1):24-29.
- Moreira R., P. Da Silva y C. Gomes. 2009. The effect of a de-oiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips. *Journal of Food Engineering* 92: 297-304.
- Moyano P. y F. Pedreschi. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: effect of pre-treatments. *LWT* 39: 285-291.
- Pedreschi F., C. Cocio, P. Moyano y E. Troncoso. 2008. Oil distribution in potato slices during frying. *Journal of Food Engineering* 87: 200-212.
- Varela P. y S. Fiszman. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*: 1-12.

Determinación de la Textura de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas Lam*) Frita

Texture Determination of Slices of Fried Sweetpotato (*Ipomoea Batatas Lam*)

Armando Alvis¹, Adriana González², Guillermo Arrázola³

- 1 Docente, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
aalvis2@hotmail.com
- 2 Candidata a Magíster en Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
adrianagonzalez22@yahoo.com
- 3 Docente, Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales, Carrera 6 No76-103, Córdoba, Colombia
guillermo.arrazola@ua.es

Resumen. Para evaluar la textura de los trozos de batata fritos se midió la fuerza de corte y se realizó un análisis de perfil de textura TPA utilizando un texturómetro TA.XTPlus. El recubrimiento y la temperatura de freído no afectaron significativamente a las variables de textura como dureza, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, pero sí afectaron la cohesividad de los productos. La fuerza de corte del producto sólo se vio afectada por el uso del recubrimiento.

Palabras claves: APT, textura, batata, recubrimiento, fritura

Abstract. To evaluate the texture of fried sweet potato chips, cutting force was measured and texture profile analysis TPA was performed using a texture analyzer TA.TXPlus. The edible coating and frying temperature did not have significant effect in texture variables as hardness, adhesiveness, springiness, gumminess and chewiness, but they affected the cohesiveness of products. The cutting force of the product was affected only by the use of the coating

Key words: TPA, texture, sweetpotato, textura, coating, frying

INTRODUCCIÓN

La textura es un atributo sensorial de importancia suprema para la preferencia de un producto frito y es un parámetro crítico en la calidad final del producto. Se espera que un producto frito de buena calidad tenga una corteza crujiente y un centro cocido, húmedo y suave. La medida de la fuerza de corte indica la fuerza necesaria para cortar la muestra en dos partes y consiste en utilizar una cuchilla a una velocidad constante y soportar la muestra en una superficie plana o apoyada en dos puntos. Por su parte, el análisis de perfil de textura, TPA por sus siglas en inglés, es una simulación de la masticación de una muestra por medio de un equipo analizador de textura; consiste en comprimir un alimento del tamaño de un mordisco para imitar la acción de los dientes e incluye el análisis de diferentes características: la *fracturabilidad* es el pico inicial

de fuerza durante la primera compresión, la *dureza* es la fuerza máxima obtenida durante la primera parte de compresión, la *cohesividad* es la razón entre el área de fuerza positiva durante la segunda compresión y el área durante la primera compresión, la *adhesividad* es el área de fuerza negativa en el primer mordisco, la *gomosidad* es el producto de la dureza por la cohesividad, la *elasticidad* se relaciona con la altura a la que el alimento se recupera durante el lapso de tiempo entre el final del primer mordisco y el inicio del segundo, y la *masticabilidad* es igual al producto de la gomosidad por la elasticidad. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del recubrimiento comestible y la temperatura de freído en la fuerza de corte y en las variables medidas en el TPA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron las batatas de la variedad roja producida en el departamento de Córdoba. Las unidades fueron lavadas, peladas y cortadas manualmente con las dimensiones de 1 × 1 × 5 cm. Todas las muestras fueron sometidas a escaldado en una solución acuosa al 0,5% de cloruro de calcio en ebullición durante 5 minutos, la mitad de las muestras fueron sometidas al pretratamiento de recubrimiento comestible y la otra mitad al freído directamente. El recubrimiento comestible se aplicó sumergiendo las muestras en una solución acuosa de carboximetil celulosa al 0,5% a temperatura ambiente, se dejaron en escurridor metálico mientras se secaban con un secador manual con velocidad de 28,53 mph y temperatura aproximada de 98 °C durante seis minutos. El proceso de freído se realizó con aceite de palma. La textura de la batata frita se midió en todas las muestras a un tiempo definido 300, 180 y 190 segundos para las respectivas temperaturas de 150, 170 y 190 °C. El análisis de fuerza máxima de corte se realizó mediante un texturómetro con instrumento de aluminio en forma de cuña, con 30° de ángulo de corte de y 15 mm de ancho, a una velocidad de 40 mm/s sobre una superficie plana. La prueba

de TPA se realizó mediante dos compresiones simulando la mordida humana, utilizando un émbolo de 3,8 cm de diámetro con base de varilla de 2 cm de diámetro. En el análisis de perfil de textura TPA se determinaron las características de dureza, cohesividad, adhesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad.

Para el análisis de la influencia de la temperatura y el recubrimiento sobre las variables estudiadas se aplicó un diseño de experimentos factorial, donde se tomaron como tratamientos las seis combinaciones de los factores temperatura y recubrimiento, cuyos niveles fueron 150, 170 y 190 °C para la temperatura y ausencia (0) y presencia (0,5) para el recubrimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios para todas las variables de textura se muestran en la tabla 1. Donde FC significa fuerza de corte, Dur. dureza, Adh. adhesividad, Coh. cohesividad, Elas. elasticidad, Gom. gomosidad y Mast. masticabilidad.

Tabla 1. Valores promedios para las variables de textura de los trozos de batata fritos

Tratamiento	Características de textura						
	FC	Dur.	Adh.	Coh.	Elas.	Gom.	Mast.
	N	g	g.s	%	%		g
150 SR	29,9	1641,3	-0,7	0,37	64,0	464,2	266,5
170 SR	30,1	1892,5	-3,3	0,52	61,7	1001,7	660,9
190 SR	30,2	1000,3	-3,4	0,51	62,8	458,8	266,3
150 CR	38,0	2160,3	-1,7	0,44	62,5	836,7	603,4
170 CR	38,8	1879,5	-2,9	0,53	61,6	771,2	475,1
190 CR	31,1	1481,0	-2,5	0,53	62,4	791,5	506,0

El análisis de la fuerza de corte obtenida experimentalmente para los diferentes tratamientos indicó que hubo un efecto altamente significativo del recubrimiento pero no hubo efecto significativo de la temperatura de freído ni de la interacción de los dos factores analizados. Las muestras con recubrimiento tuvieron una fuerza de corte mayor que las muestras sin recubrimiento; esto se debe a que el recubrimiento pudo disminuir la porosidad en las muestras y proporcionar una superficie más homogénea gracias a la fina capa del recubrimiento (Varela y Fiszman, 2011), mientras que la superficie de la muestra sin recubrimiento se caracteriza por ser más porosa y con más grietas que la hacen más susceptibles a la fractura.

Con respecto a la temperatura, se puede decir que no afecta la fuerza de corte ni otras características de textura como la dureza, elasticidad, gomosidad y masticabilidad

En los valores de la dureza, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad no se observaron efectos significativos en ninguno de los factores ni en la interacción de estos dos factores. Estos resultados son alentadores porque indican que el uso del recubrimiento no afecta estas variables. Los valores de adhesividad obtenidos en este estudio son pequeños ya que es una característica que no es deseable en los productos fritos (Taiwo y Baik, 2007).

En los valores de cohesividad se evidencia un efecto altamente significativo de la temperatura, del recubrimiento y de la interacción de estos dos factores. La cohesividad indica la tendencia a estar más unido el producto y su menor tendencia a desintegrarse debido a una acción mecánica. Las muestras que presentaron mayor cohesividad fueron las fritas a 190 y 170 °C que las fritas a 150 °C y las muestras que se recubrieron con CMC frente a las que no utilizaron recubrimiento. Las muestras fritas a 150 °C presentaron la menor cohesividad y de éstas la muestra sin recubrimiento presentó el menor valor. Los tratamientos como el escaldado y el recubrimiento fortalecen la estructura del producto mediante el ligado del agua y dan cohesividad a las muestras (Taiwo y Baik, 2007).

Se puede concluir hasta este punto que el recubrimiento aporta características deseables en los productos fritos porque los hace más sanos. Además se ha demostrado que tienen buena barrera contra el oxígeno y brinda protección contra la oxidación lipídica e inhibe la formación de acrilamida hasta en un 30 % (Varela y Fiszman, 2011).

CONCLUSIONES

El recubrimiento y la temperatura de freído no afectaron significativamente a las variables de textura como dureza, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Pero si afectaron la cohesividad de los productos. La fuerza de corte del producto sólo se vio afectado por el uso del recubrimiento.

REFERENCIAS

- Taiwo K. y O. Baik. 2007. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT* 40: 661-668.
- Varela P. y S. Fiszman. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*: 1-12.

Efecto de la Presencia de Prebióticos sobre la Supervivencia de Microorganismos Probióticos Encapsulados por Liofilización

Effect of Prebiotic Presence on the Survival of Probiotic Microorganisms Encapsulate by Lyophilization

Luz Mary Montes Ramírez¹, SneyderRodríguez-Barona², Gloria Inés Giraldo Gómez³

1,2,3 Instituto de Biotecnología y Agroindustria. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Campus la Nubia Km 4 Vía al Magdalena- AA 127, Manizales, Colombia. E-mail: lmmontesr@unal.edu.co

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad y caracterizar las propiedades físicas de encapsulados obtenidos mediante liofilización de *Lactobacillus casei* ATCC 393 y *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9469 con incorporación de agentes prebióticos (inulina y fructo-oligosacárido-FOS) (25% p/v) mezclados con maltodextrina y almacenados a 20°C±2. Como criterio de estabilidad se determinó el recuento de células viables no menores a 10⁶ UFCg⁻¹, humedad y actividad de agua. Se determinó que la inulina como material co-encapsulante del *L. Rhamnosus* generó un alto porcentaje de supervivencia (73,58% a los 98 días). Las características obtenidas en los encapsulados admiten su aplicación en varias matrices alimenticias a fin de obtener alimentos funcionales con potencial simbiótico.

Palabras clave: Inulina, fructo-oligosacárido, estabilidad, *L. casei*, *L. rhamnosus*.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the viability and characterize the physical properties of encapsulated obtained by lyophilization of *Lactobacillus casei* ATCC 393 and *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9469 with addition of prebiotic agents (Inulin and fructo-oligosaccharide FOS) (25% w/v) mixed with maltodextrins and stored at 20 ±2°C. As stability critical no lower count viable cells was determined at 10⁶ cfug⁻¹, humidity and water activity. It was found that the inulin as co-encapsulating material in *L. rhamnosus* resulted in a high survival percentage (73,58% at 98 days). The characteristics obtained in the encapsulated allow its application in several food matrices to obtain symbiotic potential functional foods.

Keywords: inulin, fructo-oligosaccharide, stability, *L. casei*, *L. rhamnosus*.

INTRODUCCIÓN

La encapsulación de microorganismos probióticos aplicando liofilización favorece la preservación y actividad microbiana al reducir la velocidad de las reacciones y protegerlos dentro de materiales encapsulantes durante el almacenamiento y

consumo (Strasser, *et al.*, 2009; Semyonov *et al.*, 2010). El uso de agentes protectores tipo oligosacáridos considerados podría favorecer la incorporación de estos microorganismos en matrices alimenticias para la formulación de alimentos funcionales (Quigley, 2010; Capela *et al.*, 2006). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de agentes prebióticos (inulina y FOS) como material pared sobre la viabilidad de las cepas *L. casei* y *L. rhamnosus* encapsulados por liofilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Agentes encapsulantes. Maltodextrina (DE 19-20), prebióticos: inulina y fructo-oligosacárido (FOS) (Nutraflora® Corn Productos Andina, Medellín, Colombia). Microorganismos y suspensiones. Cepas probióticas *Lactobacillus casei* ATCC 393 y *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9469, reconstituídas individualmente en caldo MRS (Scharlau, S.L España), incubadas a 37°C/24 horas en condiciones microaerófilas. La biomasa en fase exponencial de crecimiento fue recuperada a 4°C y lavada con solución estéril de cloruro de sodio (NaCl al 0,85% p/v). Fueron formuladas tres suspensiones (25% p/v): maltodextrina (MD), Maltodextrina+inulina (MD+INU) y Maltodextrina+Fructo-oligosacárido (MD+FOS). Las suspensiones estériles fueron inoculadas con 10⁹ UFCg⁻¹ de cada microorganismo.

Liofilización. Cada suspensión fue sometida a secado en un liofilizador (Virtis modelo ADVANTAGE XL, USA) a temperaturas entre -40 y 20°C a 0,05 mbar durante 48 horas. Las muestras liofilizadas fueron almacenadas en bolsas metalizadas de barrera media a temperatura ambiente.

Supervivencia y evaluación de la estabilidad de los microorganismos durante el almacenamiento. Se consideraron como criterios de estabilidad la humedad determinada en balanza de infrarojo MOC-120H (Shimadzu, Made in Japan a 100°C), la actividad de agua determinada

en higrómetro de punto de rocío (Thermoconstanter TH200, Novasina, Switzerland) y la viabilidad bacteriana luego del recuento de UFCg⁻¹ se calculó según la ecuación (1).

$\%Viabilidad = (\log N / \log N_0) \times 100$ (Ec. 1), Dónde: $\log N$ y $\log N_0$ corresponden al logaritmo de UFCg⁻¹ encapsuladas e inoculadas, respectivamente.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se aplicó un diseño de dos factores (prebiótico y probióticos) con medidas repetidas a través del tiempo. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) con significancia de $p < 0.05$ en software R DevelopmentCoreTeam, Vienna, Austria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la liofilización, la co-encapsulación con inulina, arrojó los mayores porcentajes de viabilidad para el *L. casei* ($96,67 \pm 0,47\%$) con diferencias significativas ($p < 0,05$) frente al porcentaje de viabilidad del *L. rhamnosus* ($84,04 \pm 0,48\%$) ambos considerablemente altos frente a los reportados. La combinación de factores tales como la especie bacteriana, el estado fisiológico de los microorganismos seleccionados en fase exponencial de crecimiento y la presencia de agentes termoprotectores pudieron ser factores críticos en la viabilidad tras el proceso (Schoug *et al.*, 2006; Corcoran *et al.*, 2004).

Los porcentajes de viabilidad durante el almacenamiento están reportados en las Figuras 1 y 2, según el ANOVA no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tres tratamientos para *L. casei*, sin embargo, para *L. rhamnosus* la diferencia entre tratamientos fue evidente, siendo favorecida por el efecto de la inulina.

En la Tabla 1 se muestran los valores iniciales y finales de humedad, actividad de agua y viabilidad para los microorganismos encapsulados, los resultados muestran diferencias significativas para la humedad y actividad de agua ($p < 0,05$) sin riesgo para la estabilidad. Igual resultado se obtuvo al evaluar el efecto protector de la inulina sobre la viabilidad del *L. rhamnosus*, en la cual se obtuvo el 73,58% a los 98 días, para el *L. casei* en todos los tratamientos, la viabilidad no superó 73% a los 63 días. Resultados comparables han sido reportados por algunos investigadores en trabajos con otras cepas probióticas (Semyonov *et al.*, 2010 y Capela *et al.*, 2006).

*Los porcentajes fueron calculados dividiendo la población viable de los polvos (UFC g⁻¹ en base seca) por la población inicial de las células en suspensión (UFC g⁻¹ en base seca) antes de la liofilización y en almacenamiento

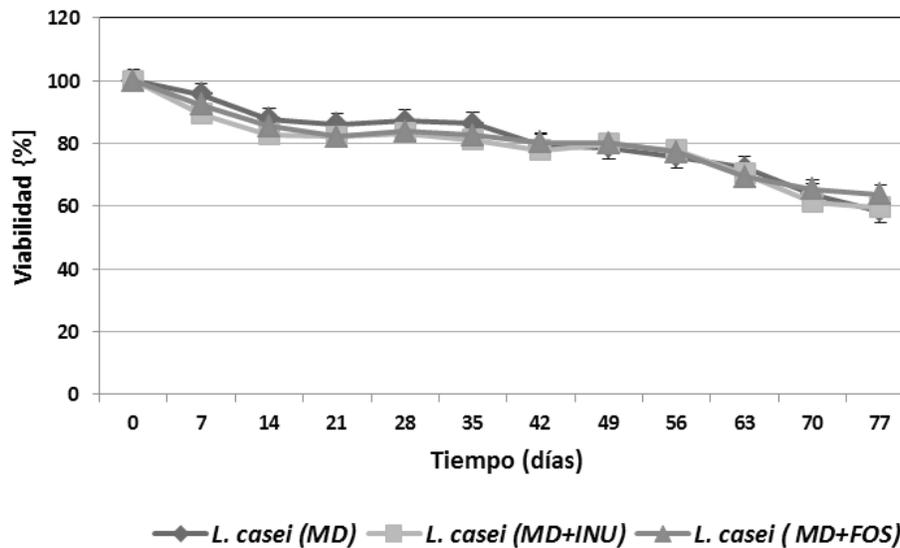


Fig. 1. Porcentaje de viabilidad del *Lactobacillus casei* encapsulado durante el almacenamiento

CONCLUSIONES

Se observó que la inulina fue mejor agente protector tras la liofilización, de igual manera favoreció la estabilidad de *L. rhamnosus* al incrementar por más de 30 días la viabilidad en comparación con *L. casei* encapsulada y almacenada bajo las mismas condiciones.

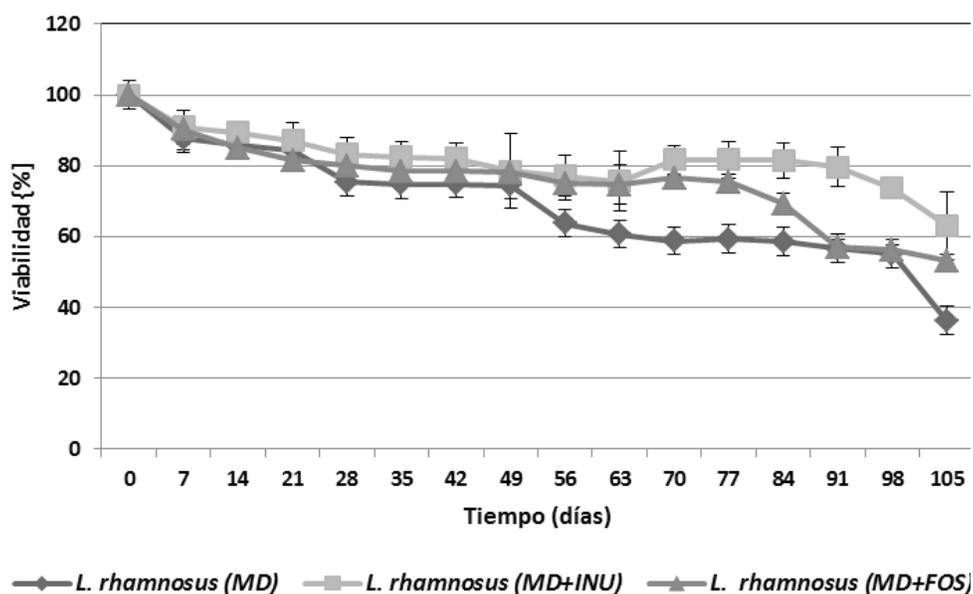


Fig. 2. Porcentaje de viabilidad del *Lactobacillus rhamnosus* encapsulado durante el almacenamiento.

Tabla 1. Propiedades físicas y viabilidad de material encapsulado de *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus rhamnosus* durante el almacenamiento.

Variable	Lactobacillus casei			Lactobacillus rhamnosus		
	MD	MD+INU	MD+FOS	MD	MD+INU	MD+FOS
Contenido de humedad [%]	Inicial 1,30 ± 0,15 Final 2,53 ± 0,06	0,70 ± 0,35 2,67 ± 0,06	0,03 ± 0,02 1,90 ± 0,00	1,03 ± 0,06 2,47 ± 0,06	1,27 ± 0,06 2,87 ± 0,06	1,47 ± 0,06 2,26 ± 0,01
Actividad de agua [a _w]	Inicial 0,05 ± 0,01 Final 0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01 0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,04 0,08 ± 0,01	0,01 ± 0,01 0,16 ± 0,01	0,02 ± 0,01 0,23 ± 0,01	0,06 ± 0,01 0,18 ± 0,01
Viabilidad [%]* (Ta)	72,21 ± 0,73 (63 días)	70,49 ± 1,59 (63 días)	69,27 ± 1,95 (63 días)	74,44 ± 0,986 (49 días)	73,58 ± 1,60 (98 días)	69,15 ± 1,86 (84 días)

BIBLIOGRAFÍA

- Capela, P., T.K.C. Hay and N.P. Shah. 2006. Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt. *Food Research International* 39: 203–211.
- Corcoran, B.M., R.P. Ross, G.F. Fitzgerald and Stanton. 2004. Comparative survival of probiotic lactobacilli spray-dried in the presence of prebiotic substances. *Journal Applied Microbiology* 96: 1024–1039.
- Quigley, E.M. 2010. Prebiotics and probiotics; modifying and mining the microbiota. *Alimentary Pharmabiotic Centre, University College Cork* 6:213–218.
- Schoug Å., J. Olsson, J. Carlfors, J. Schnürer and S. Håkansson. 2006. Freeze-drying of *Lactobacillus coryniformis* Si3—effects of sucrose concentration, cell density, and freezing rate on cell survival and thermophysical properties. *Cryobiology* 53:119–127.
- Semyonov D., O. Ramon, Z. Kaplun, L. Levin-Brener, N. Gurevich and E. Shimoni. 2010. Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. *Food Research International* 43: 193– 202.
- Strasser, S., M. Neureiter, M. Gepl, R. Braun and H. Danner. 2009. Influence of lyophilization, fluidized bed drying, addition of protectants, and storage on the viability of lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology* 107:167–177.

Secado de Zapallo (*Cucurbita maxima*) por el Método de Ventana de Refractancia

*Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Drying using Refractance Window method*

Mónica .J. Ortiz¹ y Claudia I. Ochoa Martínez²

1 Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Calle 13 #100-00. Cali, Colombia. A.A. 25360, Tel: 3212482, Fax: 3212392. monica.ortiz@correounivalle.edu.co

2 Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Calle 13 #100-00. Cali, Colombia. claudia.ochoa@correounivalle.edu.co

Resumen. Se evaluaron la cinética de secado, la difusividad efectiva y los perfiles de temperatura en trozos de zapallo de $1 \times 1 \times 6 \text{ cm}^3$ durante el secado por ventana de refractancia (RWTM) a 90°C. Los resultados mostraron que las curvas de humedad se ajustaron al modelo de Midilli. Se obtuvo una difusividad efectiva de $2.83E-9 \text{ m}^2/\text{s}$. El comportamiento térmico en la superficie de las muestras fue similar al obtenido para otros alimentos secados en purés. La diferencia de temperatura entre la parte inferior y superior de las muestras fue de $17,64 \pm 3,27^\circ\text{C}$

Palabras clave: curva de humedad, difusividad efectiva, perfil de temperatura

Abstract. Drying kinetics, effective diffusivity and temperature profiles were evaluated in pieces of pumpkin of $1 \times 1 \times 6 \text{ cm}^3$ during Refractance Window drying (RWTM) at 90°C. Results showed moisture curves fitted to Midilli's model. Effective diffusivity of $2.83E-9 \text{ m}^2/\text{s}$ was obtained. Thermal behavior in samples surface was similar to others food purees published previously. Temperature differences between bottom and top of samples were $17.64 \pm 3.27^\circ\text{C}$.

Palabras clave: moisture curve, effective diffusivity, temperatura profile

INTRODUCCIÓN

El secado por ventana de refractancia (RWTM) es un método usado para deshidratar productos sensibles al calor como frutas y verduras. El objetivo es convertir purés, rodajas o jugos, en polvos, escamas, láminas o concentrados con valor adicional exponiendo el producto a temperaturas medias y tiempos cortos (Nindo y Tang., 2007). En la operación, se utiliza agua entre 90 y 97°C y presión atmosférica y el producto húmedo se dispone en la superficie de una película plástica, transparente al infrarrojo, que flota sobre la superficie del agua. El zapallo es propenso a la oxidación durante el procesamiento y es necesario secarlo. En zapallo se ha reportado secado convectivo, secado solar, secado por microondas, al vacío y liofilización, y secado RW. El objetivo de este estudio es evaluar el secado de trozos

de zapallo por la técnica de RW a través de curvas de secado, difusividad efectiva y perfiles de temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon zapallos frescos con un contenido de sólidos solubles de $5,27 \pm 1,7^\circ\text{Brix}$ y un contenido de humedad inicial de $92,23 \pm 1,85\%$ (bh). Se cortaron trozos de $1 \times 1 \times 6 \text{ cm}^3$. El secador RW utilizado consistió en un baño termostático de acero inoxidable, lleno con agua. La película plástica fue MylarTM de 0,26 mm de espesor y $17 \times 30 \text{ cm}^2$ de área sobre la cual se dispusieron 40 muestras. La temperatura del baño se fijó en $90 \pm 2^\circ\text{C}$ y se midió con un termómetro de mercurio. Todas las mediciones se realizaron a las condiciones del laboratorio (24°C y 73% HR). Se usó un ventilador doméstico cerca del secador para la remoción de agua. El contenido de humedad inicial fue determinado por el método de estufa a 60°C durante 24 h (n.20.013 AOAC, 1980). La pérdida de peso fue registrada cada 10 min hasta 6 h de secado. A tres muestras se les introdujeron termopares para registrar temperaturas en el fondo, centro y superficie. Todos los experimentos se hicieron por duplicado. Para el cálculo de la difusividad efectiva Def, se empleó el método de Newman, considerando el trozo de zapallo como un bloque rectangular finito y empleando la ecuación para placas planas infinitas para cada dirección (Crank, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cinética humedad se muestra en la Figura 1. La humedad inicial del zapallo fue de $12,18 \pm 1,77$ (bs) y después de 6 h alcanzó una humedad de $0,384 \pm 0,015$ (bs). Aunque se alcanzaron humedades muy bajas a un tiempo menor de 6 h. Los resultados presentan muy buen ajuste al modelo de Midilli ($R^2 = 0,9992$, varianza = $8,714E-05$ y RMSE = $0,0014493$). Se empleó un contenido de humedad en equilibrio de 5,6% (bh) reportado en la literatura.

La determinación de la difusividad efectiva del agua, Def permite la cuantificación del transporte del agua durante el periodo de

secado decreciente. El valor de Def se determinó usando la herramienta SOLVER de Excel. Las series convergieron en el tercer término. Para un espesor de 1 cm la difusividad efectiva Def, fue de $2,83 \times 10^{-9}$ m²/s. Valores del mismo orden fueron reportados para el secado convectivo de zapallo (Guiné *et al.*, 2012). Los perfiles de temperatura en el fondo, centro y superficie se presentan en la Figura 2. Se observó que el calentamiento de las muestras ocurre en los primeros 12 min y una vez alcanzada la temperatura superficial del producto, rápidamente se establece un pseudoequilibrio térmico hasta el final del secado. Esto se debe a que, se equilibra la temperatura en la superficie con la temperatura de bulbo húmedo del aire dando lugar a la remoción de la energía térmica debida a la evaporación superficial. Aunque difieren en tiempo de secado (debido al espesor), otros trabajos han reportado un comportamiento similar para temperaturas en

la superficie de purés (Nindo *et al.*, 2003; Dongfeng *et al.*, 2009) y rodajas (Ochoa *et al.*, 2012).

En la región de pseudoequilibrio se observan temperaturas de $58,92 \pm 1,52^\circ\text{C}$ en el fondo, $53,01 \pm 3,37^\circ\text{C}$ en el centro y $38,20 \pm 1,23^\circ\text{C}$ en la superficie, y una diferencia de temperatura de $20,72 \pm 1,38^\circ\text{C}$ entre el fondo y la superficie. Nindo *et al.*, (2003) registraron una temperatura superficial promedio de 70°C durante el secado RW de puré de zapallo de 0,65 mm de espesor. La diferencia observada entre el centro y la superficie es mayor que entre el fondo y el centro, posiblemente por la convección debida al flujo de aire y el enfriamiento evaporativo en la superficie (Nindo y Tang, 2007). Se destaca una diferencia de cerca de 30°C entre la superficie y el agua del baño (90°C), lo cual es favorable en términos de calidad del producto final.

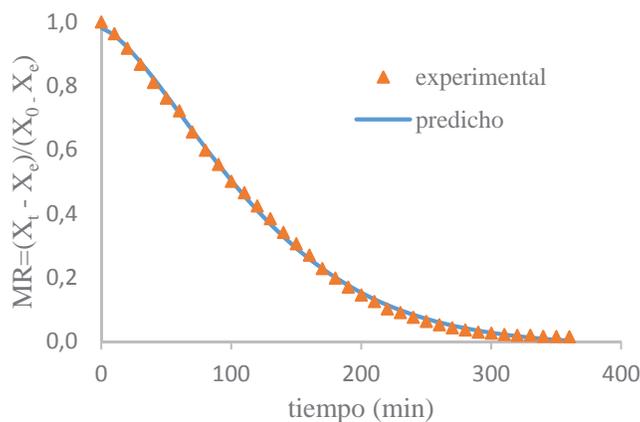


Figura 1. Predicción de cinética de secado con el Modelo de Midilli ($MR = A \cdot \exp(-kt^n) + Bt$).

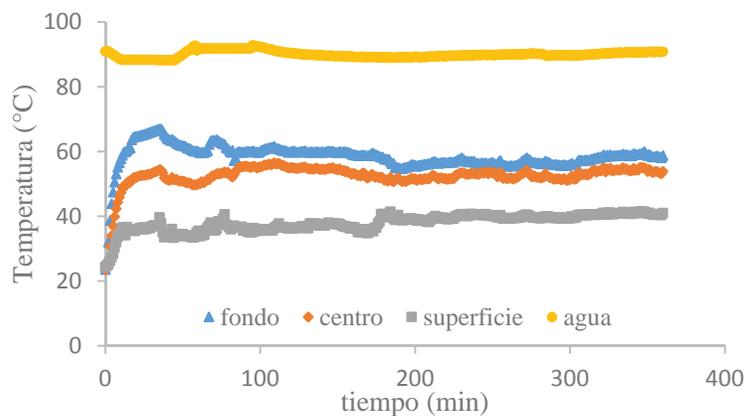


Figura 2. Comportamiento térmico de muestras de zapallo en tres zonas del espesor.

CONCLUSIONES

El tiempo requerido para secar muestras de zapallo de 1 x 1 x 6 cm³ por el método RW fue cerca de 6h. Se alcanzaron humedades menores de 0,5 (bs) condición que se considera apta para la conservación y estabilidad del producto seco. El mejor ajuste a los datos experimentales de humedad fue obtenido con el modelo de Midilli. La difusividad fue del orden de 10⁻⁹, similar a los valores reportados previamente para zapallo. La diferencia de temperaturas entre ambas caras de la muestra fue cercana a 21°C y entre la temperatura del baño y la superficie fue de 30°C.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a COLCIENCIAS por la beca otorgada para sus estudios doctorales.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. Association of the Official Agricultural Chemists. 13th ed. Washington, DC.

Crank, J. 1975. The Mathematics of Diffusion. Clarendon Press, Oxford.

Dongfeng, W., H. Zhuayan, Y. Kai, C. Shanshan, and Y. Xiaolin. 2009. Drying characteristics of ginger puree with refractance window drying method. Transactions of the CSAE 25: 325-333.

Guiné, R., F. Henriques, and M. Barroca, 2012. Mass transfer coefficients for the drying of pumpkin and dried product quality. Food Bioprocess Technology 5: 176-183.

Nindo, C., H. Feng, G. Shen, and J. Tang, 2003. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. Journal of Food Processing and Preservation 27: 117-136.

Nindo, C. and J. Tang, 2007. Refractance Window dehydration technology: a novel contact drying method. Drying Technology 25: 37-48.

Ochoa, C., P. Quintero, A. Ayala, and M. Ortiz. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window technique. Journal of Food Engineering 109: 69-75.

Efecto del Tiempo de Espera Ante-Mortem sobre la Calidad de la Carne Bovina.

Effect of ante-mortem waiting time on Beef Quality

Katerinne Quiroz Osorio¹; Diego Alonso Restrepo Molina²; Rolando Barahona Rosales³.

1 Zoot, Esp. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín, Colombia. Grupo GICTA. kquiroz@unal.edu.co.

2 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. darestre@unal.edu.co.

3 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. rbarahonar@unal.edu.co.

Resumen. En Colombia no existen normatividades vigentes que establezcan los principios de bienestar animal y los tiempos de ayuno a los cuales debieran ser sometidos los animales en el momento previo al beneficio. Reconociendo la repercusión de estos factores sobre la calidad final de la carne, el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto del tiempo de espera ante-mortem sobre características seleccionadas de calidad de carnes. Se obtuvieron análisis de 52 animales (Brahman comercial), entre 24 y 27 meses de edad, con pesos en un rango de 450 a 530 kilogramos, provenientes del municipio Montería, departamento de Córdoba. Estos animales fueron sometidos a dos tiempos de espera ante-mortem: uno corto (20 horas) y uno prolongado (40 horas) y posteriormente a las canales se les tomaron muestras del tejido muscular (*Longissimus dorsi*), en donde se evaluaron parámetros de pH, temperatura, actividad de agua (Aw), fuerza de corte, TPA y color (CIE L*a*b*), durante cuatro semanas de maduración. Los animales sometidos a ayunos prolongados presentaron características

desfavorables que afectan directamente la calidad final y la vida útil de la carne.

Palabras clave: Bienestar animal, calidad cárnica, tiempo de espera ante-mortem.

Abstract. In Colombia there are no valid regulations that establish the principles of animal welfare and times of fasting to which animals should be subjected to in the moment prior to benefit. Recognizing the impact of these factors on the final quality of the meat, the objective of this research was to analyze the effect of the ante-mortem waiting time on selected meat quality characteristics. Analyses of 52 animals (Brahman commercial) between 24 and 27 months of age, with weights in the range of 450-530 kg from the municipality of Montería, Córdoba Department, were obtained. These animals were subjected to two ante-mortem timeouts: a short one (20 hours) and a long one (40 hours) and then samples from the muscle tissue were taken from the carcasses (*Longissimus dorsi*), where pH parameters were evaluated, temperature,

water activity (*Aw*), cutting force, TPA and color (CIE L * a * b *), for four ripening weeks. The animals subjected to prolonged fasting showed unfavorable characteristics that directly affect the final quality and the lifespan of the meat.

Key words: Animal welfare, meat quality, ante-mortem waiting time.

INTRODUCCIÓN

Según Fedegan, (2013), a nivel mundial existe una notable inclinación hacia el buen trato y respeto al semoviente en toda la cadena productiva; desde la cría y su permanencia en la granja, hasta el transporte y su beneficio. En un gran número de estudios se ha demostrado que las Buenas Prácticas de Bienestar Animal no solo son un deber ético, sino que contribuyen a mejorar la productividad y el valor agregado del producto final. Así, en varios países y regiones del mundo, la implementación de estos principios es un requisito indispensable y obligatorio para el consumo de los bienes derivados. En países productores y exportadores de carne de alta calidad, el impacto económico de un deterioro en el bienestar de los animales puede ser crucial. Los animales tratados incorrectamente en las etapas previas a la faena sufren lesiones de variada índole, produciendo carne de baja calidad, lo que implica grandes pérdidas económicas en toda la cadena productiva.

Colombia posee un sistema de comercialización del ganado bovino, que involucra el traslado de los animales desde las zonas productoras hacia las centrales de beneficio, siendo necesario recorrer grandes distancias y afrontar diferentes condiciones geográficas, lo cual implica tiempos de transporte y de ayuno prolongado, factores que generan estrés y repercuten en la calidad de la carne (Romero, 2011). Además, en las centrales de beneficio se puede someter a los animales a largos tiempos de espera ante-mortem, los cuales se programan por la necesidad de los clientes, y no precisamente por los tiempos ideales de ayuno para los animales, ya que no existen normatividades vigentes que establezcan los principios de BA y los tiempos de ayuno a los cuales pueden ser sometidos. En la presente investigación se busca recopilar información técnica y científica que permita analizar el efecto del tiempo de espera ante-mortem, sobre el rendimiento de la canal bovina y la calidad final de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se estudiaron 78 animales Machos Brahman comercial, entre 24 y 27 meses de edad, provenientes de una finca ubicada en el municipio Montería, departamento

de Córdoba, Colombia, donde los animales pastorean en un sistema de rotación con potreros de 0,5 y 1 hectárea, en praderas de 50% de Climacuna (*Dichanthium annulatum*), 30% Angleton (*Dichanthium aristatum*) y 20% Braquiara (*Brachiaria plantaginea*). Los animales también recibieron sal al 6% y al 8% finalizando la ceba. Al alcanzar pesos de alrededor de 450 a 530 kg, los animales fueron beneficiados en la Central Ganadera.

La toma de muestras se realizó mensualmente con grupos de 26 animales, divididos en dos subgrupos; el primero con 20 horas de espera ante-mortem y el segundo con 40 horas de espera antes del beneficio. Se tomaron muestras del tejido muscular (*Longissimus dorsi*), a las cuales se les realizó una maduración, empacadas al vacío en refrigeración (2-4°C) durante cuatro semanas. Además se registraron los pesos vivos, canal caliente y canal fría para evaluar rendimiento en canal.

Se determinarán parámetros de pH y temperatura con un pH metro equipado con electrodo de penetración y sonda de temperatura (SCHOTT Instruments – Lab 850), actividad de agua (Aqualab Series 3), fuerza de corte y TPA (Texturómetro TA-XT2i) y color con espectrofotómetro de esfera (X-Rite Color Master – Model SP64). Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el procedimiento de Tukey para la separación de las medias a un alfa de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este documento se reportan los datos de 52 animales, en los cuales se evaluaron muestras de (*Longissimus dorsi*), maduras a lo largo de un período de cuatro semanas, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de las variables de calidad de carnes medidas dentro del estudio en muestras de *L. dorsi* obtenidas a partir de animales sometidos a tiempos contrastantes de espera ante-mortem.

Variables	PROMEDIO TRATAMIENTOS		PROBABILIDAD
	AYUNO CORTO (20 HORAS)	AYUNO PROLONGADO (40 HORAS)	
Rendimiento en canal (%)	60,29	58,96	0,0762
Fuerza de corte (N)	235,7	259,1	0,0479
Dureza (N)	135,0	138,9	0,6041
Masticabilidad (N)	45,37	46,57	0,6196
Color	-	-	-
L*	37,08	37,51	0,3440
a*	12,11	11,88	0,4742
b*	12,14	10,87	0,0001
Actividad de agua (aw)	0,969	0,973	0,0001
pH	5,55	5,72	0,0001

Al analizar las diferencias entre las muestras de *L. dorsis* obtenidas de animales sometidos a ayunos cortos y a ayunos prolongados (Tabla 1) se observaron diferencias significativas en la fuerza corte, la actividad de agua y el pH. No se presentaron diferencias significativas en el rendimiento en canal, la dureza, la masticabilidad y el color. Sin embargo, los promedios son más favorables para los animales sometidos a ayunos cortos en cuanto al rendimiento en canal, la dureza, la masticabilidad y el color.

Una fuerza de corte menor indica carnes de mejor calidad, con mayor terneza y más facilidad para masticar la carne, por el otro lado, existen factores que influyen en el crecimiento de microorganismos en las carnes como el pH y la actividad de agua (a_w). En estas variables, la calidad de carne se favorece en los animales con ayunos cortos. Restrepo *et al.*, (2001) afirma que carnes con valores de pH elevados están más expuestas a las acciones microbianas, sobre todo a la putrefacción, y que las variaciones en el Aw de la superficie de la carne tiene grandes repercusiones sobre el crecimiento microbiano.

El descenso de pH es un atributo determinante en la calidad final de la carne. En el Gráfico 1, se observa que los animales con ayunos largos tienen un pH más alto durante todo el periodo post-mortem y a las 24 horas, comparado con los animales sometidos a ayunos cortos. Los animales

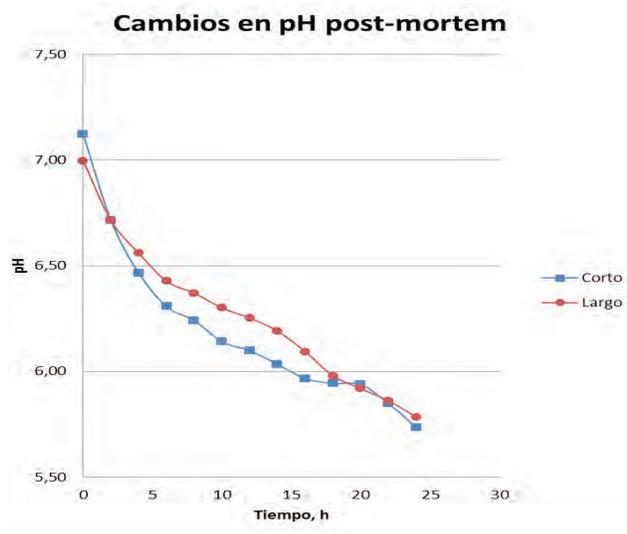


Gráfico 1. Comportamiento del pH y la Temperatura 24 horas post-mortem

sometidos a mayor estrés, presentarán menor reserva glucogénica y pH más alto, lo que puede provocar carnes de baja calidad, lo que coincide con lo observado por Restrepo *et al.*, (2001), quienes afirmaron que los ayunos demasiados prolongados en feria pueden alterar el sistema nervioso y aumentar los niveles circulantes de adrenalina, viéndose disminuidas las reservas glucogénicas.

CONCLUSIÓN

Los animales sometidos a ayunos prolongados presentan características desfavorables que afectan directamente la calidad final y la vida útil de la carne.

RECOMENDACIONES

Los tiempos de ayuno, de transporte y espera ante-mortem en planta de beneficio, son variables de bienestar animal que se deben controlar y establecer en las normatividades, de esta forma no se perderán los esfuerzos realizados por los ganaderos en las etapas productivas y se podrán ofrecer a los consumidores finales carnes de la mejor calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bienestar Animal y su relación con los indicadores productivos. (2013). Recuperado desde: <http://www.slideshare.net/Fedegan/1-bienestar-animal-indicadores-productivos#>. [Citado en 14 de marzo de 2014]
- FEDEGAN. Bienestar Animal. (2013). Recuperado desde: <http://www.fedegan.org.co/programas/bienestar-animal>. [Citado en 14 de marzo de 2014]
- Restrepo, D., C. Arango, A. Amézquita y R. Restrepo. 2001. Industria de Carnes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Pasachoa, J. (2010). Comportamiento de carne bovina madurada empacada en condiciones de atmosfera modificada procedente de ganado de dos edades. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Romero, M y J. Sánchez. 2011. Bienestar animal durante el transporte y su relación con la calidad de la carne bovina. Rev. MVZ Córdoba. 17(1): 2936-2944.

Pérdidas por Cocción y Capacidad de Retención de Agua en Camuro

Cooking Losses and Water Holding Capacity in Camuro

Edicson M. Rincon^{1*}; Adriana I. Rada¹; Manuel F. Ariza²; Jorge E. Gallo¹; Susan Castro¹; Marcela Rios¹; Ángela M. Amaya¹; Boris J. Sepulveda¹; Yurany T. Ortiz¹

1 Grupo de Genética Molecular Animal -FMVZ -UN Bogotá

*Correo de Correspondencia: emrincons@unal.edu.co

2 Profesor Asociado, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. mfarizab@unal.edu.co

Resumen. Se analizaron 160 ovinos de pelo de raza Camuro (Ovino de Pelo Colombiano) con edades promedio de 9 meses, provenientes de dos regiones de Colombia. Se determinó la capacidad de retención de agua (CRA) por medio del método de presión sobre porciones de 0,3g de carne cruda y de pérdidas por cocción por inmersión en agua del músculo y pesaje de las muestras previo y posterior al tratamiento térmico en el músculo *Longissimus dorsi* (LD). Del estudio no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en cuanto al efecto del sexo y lugar de origen de los animales para estas características.

Palabras clave: Capacidad de retención de agua, pérdidas por cocción, camuro, carne calidad.

Abstract. 160 Camuro (Colombian Hair Sheep) sheep were analyzed with an average age of 9 months that came from two regions of Colombia. There were determinate the water holding capacity (WHC) by pressure method in portions of 0.3 g of raw meat and cooking loss by water immersion of muscle; this test uses the weighing before and after the heat treatment. Both methods were practiced on *Longissimus dorsi* (LD). Results showed that there was not statistically significant differences respect the effect of sex and origin place of the animals.

Key words: Water retention capacity, cooking loss, camuro, meat quality.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de retención de agua (CRA) es la propiedad de la carne para retener sus propios líquidos, sufriendo la menor merma al ser procesada, o cocinada, por lo cual está relacionada con la textura, terneza, color de la carne cruda, jugosidad y firmeza de la carne cocinada. Así mismo, la determinación de pérdidas por cocción (PC) es considerada como una característica en la calidad de la carne debido a que explica posiblemente las variaciones en la textura que se puedan encontrar (Kerry *et al.*, 2002) y las condiciones intrínsecas como la variación de la percepción

de la jugosidad en la carne y la apariencia del producto final. Estas pérdidas producidas tras un tratamiento térmico se deben a la desnaturalización de las proteínas presentes cuando se emplean temperaturas entre 37 y 75°C (Onega, 2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del sexo y origen geográfico sobre los porcentajes de retención de agua y pérdidas por cocción del músculo *Longissimus dorsi* (LD) en ovinos de pelo colombianos (OPC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales. Se emplearon 160 animales de raza Camuro (54 correspondientes a machos y 106 a hembras) alimentados por un sistema de pastoreo, con edad promedio de 9 meses, todos éstos provenientes de dos áreas geográficas de Colombia: Valles Interandinos (VI) y Pie de Monte (PDM).

Capacidad de retención de Agua. Se empleó la metodología usada por Hamm (1960), modificado por Van Oeckel *et al.* (1999). El parámetro CRA se calculó con la relación representada en la Ecuación 1.

$$\%CRA = (M/T) * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde: M: área de la carne aplanada T: área del agua expulsada

Se midieron las áreas utilizando el software Adobe Acrobat Profesional® por medio de la herramienta medir.

Pérdidas por cocción. Para la determinación de pérdidas por cocción se empleó la metodología escrita por Honikel, (1997) La diferencia de pesos fue calculada en porcentaje de pérdidas según la Ecuación 2.

Análisis estadístico. Se realizó el análisis estadístico mediante el procedimiento LSMEANS del PROC GLM del programa S.A.S.9.1.3(2010) para las pérdidas por cocción empleando un modelo estadístico lineal y tomando el sexo y el origen geográfico de los animales como factores y la edad como covariable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Efecto del sexo, sacrificio y origen sobre la CRA.

Variable	Tratamiento	CRA (%) $\mu \pm D.E$	PC (%) $\mu \pm D.E$	Nivel de Significancia
Sexo	Macho	55,26 \pm 13,38a	24,23 \pm 5,93a	NS
	Hembra	51,63 \pm 11,25 a	25,71 \pm 5,44 a	
Origen	PDM	51,74 \pm 11,75a	25,52 \pm 5,65 a	NS
	VI	56,32 \pm 12,64a	24,37 \pm 5,53 a	

$\mu \pm D.E$: Promedio \pm Desviación. PDM: piedemonte. VI: valle interandino. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). NS: No significativo.

Se encontró que el sexo no fue significativo para el modelo ($p > 0,05$) tabla 1, concordando con lo reportado en ovinos raza Segureña sacrificados a los 3 meses de edad, con valores de $16,36 \pm 0,66$ (Alcalde, 2003), de igual manera Olleta *et al.*, (1992) no encontraron diferencias en la CRA entre corderos machos $14,92 \pm 0,45$ y Hembras $14,08 \pm 0,45$ raza Churra tensina sacrificados a los 4 meses, mientras que Ruiz de Huidobro *et al.*, (1998) reportaron valores mayores de CRA para hembras $15,9 \pm 2,5$ que para machos lechales raza Talaverana $14,2 \pm 2,15$; valores similares a los encontrados por López, (1987) con raza Lacha, quien explica que la menor CRA en hembras es por su mayor grado de engrasamiento, sin embargo Santos-Silva *et al.*, (2007) detectan una relación positiva entre engrasamiento y CRA, con valores de $38,7 \pm 0,52$ < 2 meses en animales Merino Branco y de $39,5 \pm 0,52$ para cruce Ile de Francia*Merino Branco.

En cuanto al origen de los animales no se encontraron diferencias significativas para las zonas de origen de los animales ($p > 0,05$), aunque los animales de los Valles Interandinos presentaron datos de porcentajes de CRA más altos numéricamente que los observados en el Piedemonte esto puede ser debido al tipo de alimentación y clima de la zona donde se encontraban. Cheng y Sun, (2008) reportan que el estrés post-mortem afecta en gran medida los resultados de CRA. La CRA en Ovinos de pelo colombiano fue de $(52,85 \pm 11,46)$, siendo mayor que lo reportado en otros tipos de ovinos como: Lechales Talaverana 15 ± 2 (Ruiz de Huidobro *et al.*, 1998); Pelibuey mexicano 15 ± 1 (García M.J. *et al.*, 1998); Charollais–Romanov $21,8 \pm 0,34$ y Suffolk–Romanov $19,6 \pm 0,93$ (Kuchčík 2012); ovejas de lana raza Merino $33,97 \pm 3,8$ (Villar, L. *et al.*, 2013). El porcentaje de pérdidas por cocción es directamente afectado por tres factores: las características de la calidad de la carne cruda, la técnica empleada para la cocción y la temperatura interna o central que

ha alcanzado la carne (Aaslyng *et al.*, 2003). Sin embargo, de acuerdo con Lawrie (1998) aspectos intrínsecos de la carne, como el contenido de grasa, incide sobre este porcentaje de debido a que la grasa evita las pérdidas de humedad y mejora otras características como la capacidad de la carne de retener agua.

Los factores de sexo y origen geográfico no presentaron diferencias estadísticamente significativas para la evaluación de PC. Esto coincide con lo reportado por Ruiz de Huidobro *et al.*, 1998”type”: “article-journal”, “volume”: “13” }, “uris”: [“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=87650f39-1167-4c08-b747-3ff8d041db2c”] }], “mendeley”: { “manualFormatting”: “Ruiz de Huidobro *et al.*, 1998”, “previouslyFormattedCitation”: “(Ruiz de Huidobro, F. Sancha, J., Lopez, D., Cantero, M., Ca\u00f1eque, V., Velasco, S., Manzanares, C., Gayan, J. Lauzurica, S., Perez, 1998; Sa\u00f1udo, 2003; Santos *et al.*, 2007; quienes no encontraron diferencias en muestras de LD entre machos y hembras de diferentes razas y edades, principalmente en animales con edades no superiores a 3 meses (raza Talaverana, ternascos de Aragón y en animales de raza Churra respectivamente).

Sin embargo, de acuerdo a la literatura, si es notorio que existen diferencias con respecto al tipo racial de los animales. En la tabla 1. se observa los valores promedios de pérdidas por cocción obtenidos en la raza Camuro Colombiano presenta valores cercanos al 25%. Este valor resulta ser similar a lo reportado por Ruiz de Huidobro (2003) ($27,6 \% \pm 5,77$; $26,2\% \pm 5,94$ para machos y hembras respectivamente en animales Talaverana) pero valores más elevados que los reportados por Santos *et al.*, (2007) ($14,3\% \pm 0,53$; $14,5\% \pm 0,55$ respectivamente para machos y hembras de raza Churra). Este comportamiento es similar al obtenido en otras especies animales como bovinos Leal *et al.*, (2011). Este hecho se debe a que el tipo de músculo afecta la liberación de jugo durante la cocción debido a sus características intrínsecas como la cantidad de colágeno, el contenido de grasa, orientación de las fibras musculares en la carne, entre otros aspectos (Ouilic *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El estudio sugiere que los factores como el sexo y lugar de origen de los animales no tienen un efecto significativo ni en las pérdidas por cocción ni en la capacidad de retención de agua. Se sugiere para futuros ensayos tener en cuenta otros factores como el grado de engrasamiento del músculo ya que éste puede tener incidencia sobre la capacidad del músculo de retener líquidos tras la cocción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Cenired y Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde M.J., T. Cano, F. Peña, J. Martos y V. Doménech. 2003. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza Segureña. Universidad de Córdoba: Servicio de Publicaciones.
- Cheng Q. and D.W. Sun. 2008. Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 48(2): 137-159.
- García J. A., F.A. Núñez, F.A. Rodríguez, C. Prieto y N.I. Molina. 1998. Calidad de la canal y de la carne de borregos Pelibuey castrados. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; 36(3).
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Adv. Food Res.* 10, 355-365.
- Hönikel, K.O. 1997. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chem.* 59(4): 573-82
- Kerry, J. and D. Ledward. 2002. Meat processing: Improving quality. W. Publishing, Ed. p. 464.
- Kuchčík, J., D. Zapletal, and K. Šustová. 2012. Chemical and physical characteristics of lamb meat related to crossbreeding of Romanov ewes with Suffolk and Charollais sires. *Meat science*; 90(2): 426-430.
- López M. 1987. Calidad de la canal y de la carne en los tipos lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 465 pp. Ojilic *et al.*, 2011.pdf. (n.d.).
- Olleta J.L., C. Sañudo and I. Sierra. 1992. Producción de carne en la agrupación ovina Churra y Tensina: calidad de la canal y de la carne en los tipos ternasco y cordero de cebo. *Arch. Zootecn*; 41 (153):197-208
- Onega, M. 2003. Departamento de Nutrición y Bromatología III. Ruiz de Huidobro F., J.L. Sancha, M.A. Cantero, S. Velasco, C. Manzanares, J. Gayan, S. Lauzurica y C. Perez. 1998. Características instrumentales y sensoriales de la carne de corderos lechales de razas Talaverana. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* (13). 21-29.
- Santos V.C., S.R. Silva, E.G. Mena, and J.M. Azevedo. 2007. Live weight and sex effects on carcass and meat quality of "Borrego terrincho-PDO" suckling lambs. *Meat science*; 77(4): 654-61
- Sañudo. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. *An Fac. Vet. Zaragoza*, 16-17: 285-295
- Van Oeckel M.J., N. Warnants and C.V. Boucqué. 1999. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. *Meat Science*; 51(4): 313-320.
- Villar, L.; C. Giraudo, E. Pavan, M. Zimmerman, A. Cancino y F. Santini. 2013. Calidad la carne de corderos pesados Merino en pastoreo extensivo. En: Avances en calidad de carne de ovinos, caprinos, porcinos y aves Avances en bienestar animal, Ediciones INTA (6326) Anguil, La Pampa, Argentina

Gestión del Proceso de Secado para Aumentar la Capacidad Antioxidante del Tomillo (*thymus vulgaris L.*)

Management of Drying Process to Increase Antioxidant Capacity of Thyme (*Thymus vulgaris L.*)

Jader Rodriguez Cortina¹; Evandro de Castro-Melo²; Antonio Mulet Pons³; José Bon Corbí⁴

1 Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de la Salle, Cra. 2 No. 10-70, Tel: (571) 3535360 Ext. 2553, Bogotá, Colombia.

2 Professor Universidad Federal de Viçosa, Brasil, CAPES scholarship

3 ASPA, Departamento de Tecnología de los Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España

Resumen. El aceite esencial del tomillo es una fuente muy rica de compuestos fenólicos conocidos por su actividad antioxidante. Las condiciones de operación en el proceso de secado influyen sobre la actividad antioxidante del producto final y sobre el tiempo de secado. A partir de trabajos de investigación previos, 70 °C puede considerarse como temperatura óptima para aumentar la capacidad antioxidante de los extractos de las hojas secas de tomillo (AC). El objetivo de este trabajo fue establecer una estrategia de secado consistente en dos periodos de secado a diferentes temperaturas y a velocidad constante (1 y 2 m s⁻¹): primer periodo a 80 °C hasta que la superficie de la muestra alcance una temperatura de 70 °C; segundo periodo a 70, 60, 50 y 40 °C. Los resultados se compararon con los obtenidos en condiciones de secado constantes, aumentando la AC (entre 10,50 y 30,26 %), y reduciéndose el tiempo de secado (entre 14,7 y 39,5 %).

Palabras clave: Optimización, modelo matemático, tiempo de proceso.

Abstract. Thyme essential oil is a rich source of phenolic compounds known for its antioxidant activity. Drying operations conditions affect the antioxidant activity and the drying time of the final product. From previous research works, 70 °C can be considered as optimal temperature to increase the antioxidant capacity of the extracts of the dried leaves of thyme (AC). The aim of this study was to establish a drying strategy that consisted in two periods of drying at different temperatures and constant air velocity (1 and 2 m s⁻¹): first drying period at 80 °C until the sample surface reached a temperature of 70 °C; second drying period at 70, 60, 50 and 40 °C. The results were compared with constant drying conditions, increasing the AC (10.5 to 30.26%), while reducing the drying time (14.7% to 39.5%).

Key words: Optimization, mathematical model, time process.

INTRODUCCIÓN

El aceite esencial de hierbas Lamiaceae, como el tomillo, son

fuentes de compuestos fenólicos con actividad antioxidante. Al tener un alto contenido de agua han de someterse a métodos de conservación, tales como el secado con aire caliente, que demandan un elevado consumo energético, afectando la calidad final del producto. Diferentes investigaciones analizaron el efecto de las condiciones de secado sobre la AC (Rahimmalek y Hossein-Golib, 2013), concluyéndose que la AC aumentaba cuando se aplicaban temperaturas de secado alrededor de 70 °C. Por tanto, sería interesante establecer una estrategia de secado que permita alcanzar rápidamente y mantener una temperatura superficial de 70 °C. Así mismo, puesto que es difícil medir la temperatura superficial del tomillo en un lecho, sería de interés aplicar un modelo matemático que permita predecir la evolución de dicha temperatura. El objetivo de este trabajo fue analizar la aplicación de una estrategia de secado de dos etapas, con el objetivo de aumentar la AC. Para ello se investigó la influencia de la temperatura, la velocidad del aire y la estrategia de secado sobre la cinética de secado y la AC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima y experiencias de secado. Se utilizaron hojas frescas de tomillo (*Thymus vulgaris L.*), con humedad inicial entre 62-74% (w.b) (método oficial AOAC). Las experiencias de secado se realizaron en un secadero convectivo con control de temperatura y velocidad del aire, empleando muestras de tomillo de 20 ± 0.5 g (lecho de 159 cm² y de 3 ± 0,3 cm de espesor). Para ajustar y comprobar la bondad del modelo matemático empleado, se realizaron experiencias de secado a condiciones constantes de temperatura del aire (80, 70, 60, 50 y 40 °C) y de velocidad (1-2 m s⁻¹), hasta alcanzar una humedad final inferior al 10% (w.b), y experiencias considerando dos etapas a diferentes temperaturas del aire: primera etapa a 80 °C durante 300 s; segunda etapa a menor temperatura

(40, 50, 60, 70 °C) hasta alcanzar una humedad inferior al 10 % (wb).

Estrategia de secado. Para estimar el tiempo necesario para alcanzar 70 °C en la superficie del tomillo en el lecho en función de las condiciones de operación se aplicó un modelo matemático desarrollado previamente por Rodríguez *et al.*, (2014). La estrategia de secado propuesta consistió de dos periodos a velocidad constante (1 y 2 m/s): primer periodo a 80 °C (Ta1) durante el tiempo previamente estimado para alcanzar una temperatura superficial de 70 °C; segundo periodo a temperatura (Ta2) inferior a 80 °C (40, 50, 60 y 70 °C) para prevenir la degradación de compuestos de interés por exposición excesiva alta temperatura, hasta alcanzar una humedad final menor al 10 % (w.b).

Extracción del aceite esencial y medida de la capacidad antioxidante. Se aplicó un método de extracción por fluidos supercríticos (SFE) (350 bar y 35 °C durante 1 h previamente establecido) para extraer el aceite esencial, y el método FRAP (ferric reducing activity power) para medir AC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo utilizado se ajustó adecuadamente a los experimentales obtenidos, tanto a condiciones constantes y a dos periodos consecutivos de secado (Fig.1), con una varianza explicada $\geq 98,9\%$ y un error relativo promedio $\leq 6,9\%$.

Con los parámetros identificados, se calculó el tiempo necesario para que la muestra estuviera expuesta a 80 °C alcanzara una temperatura de 70 °C en la superficie, encontrándose valores

Tabla 1. Valores promedio del tiempo total de secado y de la AC en diferentes condiciones experimentales.

v (m/s)	T (°C)	t (s)	AC [Trolox] (mmol/L)	v (m/s)	T (°C)	t (s)	AC [Trolox] (mmol/L)
1	40	22600 ± 600	38,9 ± 0,5	2	40	20300 ± 330	44,6 ± 2,3
	T _{a1(600s)} - 40	16920 ± 248	45,1 ± 0,6		T _{a1(600s)} - 40	13460 ± 180	58,1 ± 1,3
	50	11241 ± 120	49,2 ± 0,6		50	10120 ± 105	62,6 ± 0,9
	T _{a1(600s)} - 50	8936 ± 145	61,9 ± 3,3		T _{a1(600s)} - 50	7415 ± 60	76,8 ± 1,3
	60	5700 ± 65	70,9 ± 0,6		60	3783 ± 100	79,9 ± 1,3
	T _{a1(600s)} - 60	4860 ± 90	82,4 ± 1,0		T _{a1(600s)} - 60	2285 ± 65	89,7 ± 1,8
	70	2620 ± 89	86,1 ± 1,4		70	1405 ± 35	99,2 ± 1,2
	T _{a1(600s)} - 70	2080 ± 65	95,2 ± 0,7		T _{a1(600s)} - 70	1190 ± 46	112,8 ± 1,3
80	1180 ± 50	82,3 ± 1,1	80	1058 ± 36	91,9 ± 1,8		

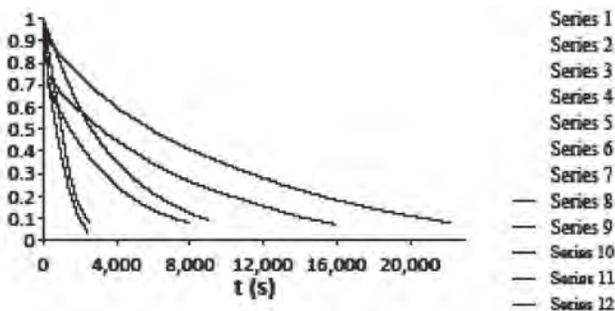


Figura 1. Valores experimentados y calculados de la evolución de la humedad dimensional a 1 ms^{-1}

alrededor de 600 s. En comparación con los resultados obtenidos en condiciones de operación constante, la aplicación de la estrategia de secado propuesta incrementó la AC entre el 10,5% y el 27,4 %, reduciéndose así mismo el tiempo total de secado entre 14,5% and 39,2 % (Tabla 1).

CONCLUSIÓN

La gestión del proceso de secado mediante la aplicación de dos etapas de secado consecutivas establecidas en función de la temperatura superficial de las hojas, parece ser un método interesante para intensificar el secado convectivo de un lecho de hojas de tomillo incrementando su capacidad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA

Rahimmalek, M., and S.A. Hossein-Golib. 2013. Evaluation

Gestión Energética: Una Alternativa Para la Producción de Alimentos Ecoeficientes.

Energy Management: An Alternative for Production of Eco-Efficient food

Judith Rodríguez Salcedo¹; Jenny Lorena Ibarguen Valverde y Jorge Eduardo Angulo López

1 M.Sc. jrodriguez@unal.edu.co; Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, carrera 32 No 12 - 00 Chapinero, Vía Candelaria.

2 Ingeniero Agroindustrial; ylibarguenv@unal.edu.co ; Universidad Nacional de Colombia sede Palmira,

3 Ingeniero Agroindustrial; jeangulol@unal.edu.co; Universidad Nacional de Colombia sede Palmira,

Resumen. Este trabajo presenta la gestión energética como una alternativa para la producción de alimentos ecoeficientes a través de potenciales de ahorro energético y económico, que se alcanzaría tras su implementación. La gestión energética persigue lograr un uso más eficiente de la energía y favorece la ecoeficiencia, este término que comprende la producción de bienes o servicios de la manera más económica, de la mejor calidad, con los mínimos recursos energéticos y mínimas fallas. Se caracterizaron energéticamente 5 empresas de la región del Valle del Cauca, siguiendo la metodología propuesta en el modelo de gestión integral de la Energía. Se alcanzaron potenciales de ahorro en energía eléctrica entre 1,66% y 17%, y se identificó que las fallas más comunes que presentan las industrias, están relacionadas principalmente con deficiencias en el mantenimiento de equipos, la iluminación y aires acondicionados.

Palabras clave: Gestión energética, ahorro energético, industria de alimentos, productividad.

Abstract. This paper presents energy management as an alternative for production of eco-efficient food through of savings economic and energetic potential that could be achieved after implementation. The Energy management gets a more efficient energy use and promotes eco-efficiency; this term includes the production of foods or services in the most economic way, with the best quality, lowest energy resources and minimal faults. Five companies in the Region of Valle del Cauca was energetically characterized, using the methodology proposed in the Model Integral Energy management. The Potential of energy savings were between 1.66% and 17%, and identified that the most common faults in the industries are mainly related at deficiencies in: the maintenance of equipment, lighting and air conditioners.

Key words: Energy management, energy saving, food industry, productivity.

INTRODUCCION

La gestión energética, busca alcanzar la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos, empleando medidas técnico-organizativas de baja

inversión (Guía N° 11, 2008), esta puede considerarse como uno de los mejores caminos para contribuir con el propósito de la ecoeficiencia, que comprende: “producir más con menos recursos, generando equidad en la distribución de los beneficios y menos impacto al ambiente” (Schwager Energy, 2012). En la Industria de alimentos se utiliza electricidad y combustible como fuentes de energía para su funcionamiento (Guía N° 11, 2008). Aunque la industria de alimentos es un sector que no tiene grandes demandas energéticas, se considera que su uso no resulta sustentable en el largo plazo, debido a los mayores precios de la energía, a las actuales formas de uso y al Protocolo de Kyoto. (Denoia y Montico, 2010; Muller *et al.*, 2007). Por otra parte las emisiones de CO₂ generadas por la industria alimentaria provienen mayoritariamente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de la energía. “Se puede estimar que el total de emisiones de CO₂ de la industria alimentaria representa el 1,5% del total de emisiones en la UE”. Por lo anterior. Este trabajo tiene como objetivo, presentar la gestión energética como una alternativa para la producción de alimentos ecoeficientes, a través de potenciales de ahorro energético y económico que se alcanzaría tras su implementación, determinados en 5 industrias de la región Valle de Cauca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Hicieron parte de la caracterización 5 industrias piloto: Láctea y sus derivados, Confeitería y 3 Ingenios Azucareros de la región del Valle del Cauca. La metodología aplicada comprendió 2 etapas: Etapa 1: Caracterización y Diagnóstico de Energía Eléctrica en las Industrias, Etapa 2: Plan de uso y consumo eficiente de la Energía Eléctrica, basadas en el modelo de Gestión Integral de la Energía (República de Colombia, 2008).

Medición de Variables de Respuesta. En la caracterización y diagnóstico energético se aplicaron herramientas tales como: encuestas de tipo cualitativo y cuantitativo, filtrado de outliers, gráfico de tendencia y diagramas (unifilares, térmicos y de Índice

de Consumo vs. Producción). Para la obtención de potenciales de ahorro se utilizaron datos de consumo de Energía y Producción de 1 año; y se aplicó el modelo matemático de correlación, mediante el método de mínimos cuadrados. En el plan de uso Eficiente de la Energía, se realizó la valoración técnica, económica y ambiental y se desarrolló el listado de oportunidades en gestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se alcanzaron potenciales de ahorro de energía eléctrica, entre 1,66% y 17,00% (Figura1), representado en: i) ahorros anuales, que oscilan entre \$45.154.296 y los \$313.632.000 (Tabla 1), y ii) disminución de emisiones de CO2, que requieren de un análisis más detallado.

Las fallas más comunes (Tabla 2) que se presenta en las diferentes industrias, están relacionadas con: deficiencias en el mantenimiento

de equipos, la iluminación y los aires acondicionado.

Los resultados obtenidos en el estudio, son similares a los encontrados por Schwager Energy, 2012, donde se alcanzan potenciales de ahorro en facturación que oscilan entre 6% - 15% en energía eléctrica y 8% - 22% en energía térmica, éstos dependen principalmente del tipo de proceso, las tecnologías utilizadas, las fallas y las medidas de optimización energética aplicadas. Estudios realizados por Serna., C (2010), han demostrado que: i) Un buen mantenimiento en los equipos, procesos y/o áreas, mantendría el consumo de energía dentro de un límite razonable, ii) al reducir la operación innecesaria de equipos, maquinas encendidas sin procesar producto, e instalar sistemas de control automáticos, como celdas fotovoltaicas en luminarias, entre otros; representaría un potencial significativo de ahorro de energía eléctrica.

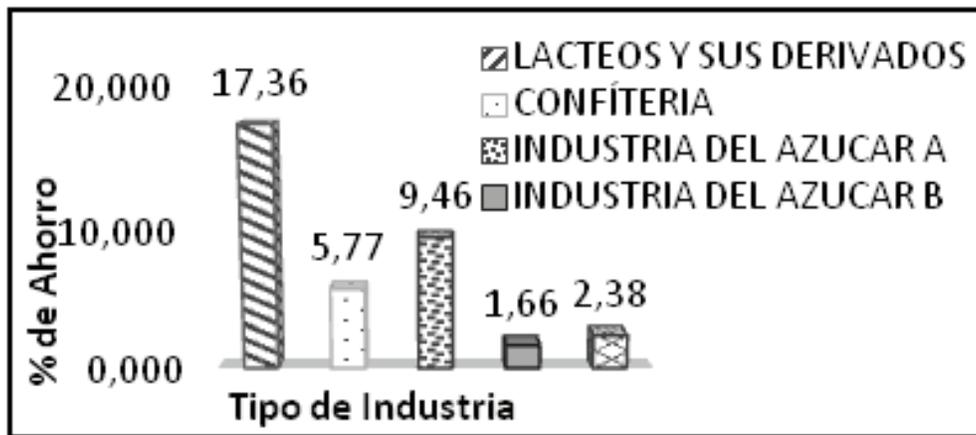


Figura 1. Porcentajes de ahorro energético en las 5 industrias

Tabla 1. Potenciales de Ahorro en Industria Alimentaria

INDUSTRIA	POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO Kwh	POTENCIAL DE AHORRO ECONOMICO Año \$
LACTEA Y SUS DERIVADOS	2.316	\$250.158.000
CONFITERIA	15.549	\$45.154.296
INDUSTRIA DEL AZUCAR A	4.387	\$223.561.520
INDUSTRIA DEL AZUCAR B	2.904	\$313.632.000
INDUSTRIA DEL AZUCAR C	3.600	\$234.471.600

Tabla 2. Fallas encontradas

INDUSTRIAS	FALLAS ENCONTRADAS
Láctea y sus derivados	Lámparas instaladas a una altura inadecuada, no se controla la lubricación en los motores, Equipos sobredimensionados y/o subdimensionado, en los aires acondicionados hace falta controlar la incidencia de radiación solar, no hay control de los aires acondicionados en zonas vacías
Confitería	hay mucha variabilidad operacional, se encuentran fugas de aire comprimido en las zonas de dilución, enfriamiento, envoltura y empaque, deficiencia en los mantenimientos
industria del azúcar a	Modificar pautas de operación en el área de las Bombas de Inyección-Rechazo, no hay control de los aires acondicionados e iluminación en zonas vacías
industria del azúcar b	No hay control de la iluminación y el aire acondicionado en los periodos de inactividad.
industria del azúcar c	Deficiencias en el mantenimiento mecánico a las mesas conductoras, los transformadores de distribución y potencia del área de los molinos no trabajan en su punto óptimo, dimensionamiento inadecuado de los aires acondicionados en los cuartos eléctricos, laboratorios y casino, y deficiencia en el mantenimiento de las bombas del sistema de riego.

CONCLUSIONES

La gestión energética, contribuye en gran medida a una reducción de costos de tipo energético, económico y ambiental; y también a incrementar la competitividad y la productividad.

La variabilidad en el potencial de Ahorro de una empresa a otra que pertenece o no a un mismo sector, depende de factores tales como: la antigüedad y tamaño de la instalación; el grado de automatización, la tecnología empleada, el manejo de las operaciones de limpieza, el diseño de la instalación, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes instituciones: Colciencias, UPME, Universidades: Autónoma de Occidente, del Valle y la Nacional de Colombia por el financiamiento y apoyo, Al Grupo de investigación en Eficiencia Energética y Energías Alternativa por el respaldo en el estudio. A la profesora Rosaura Castrillón Mendoza M.Sc., coordinadora de caracterizaciones energéticas en las 5 industrias. Al Profesor Omar Prías, Director del “Programa estratégico para la innovación e implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía-PEN-SGIE”, donde se llevó a cabo la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Denoia, J. y S. Montico. 2010. Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario, Ciencia, docencia y tecnología 41: 145-157.
- Jaramillo, H. 1999. Gestión Energética En La Industria. Redalyc. 73: 51
- Guía N° Modelo N° 11: Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético - Industria de Alimentos. Dirección General de Electricidad Ministerio de Energía Y Minas, 2008.
- Monteagudo, J., y O. Gaitan. 2005. Herramientas Para La Gestión Energética Empresarial, Scientia Et Technica, (XI), 29:169.
- Muller, D.C.A., F. Marechal, M.A.T. Wolewinski, y P. J. Roux, 2007. An energy management method for the food industry. Applied Thermal Engineering 27: 2677-2686.
- República de Colombia. Sistema de Gestión Integral de la Energía Guía para la Implementación. Bogotá, DC. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, 2008.
- Schwager Energy, 2012. Manual de Eficiencia Energética en la Industria de Alimentos Elaborados.
- Schmidheiny, S. 1992, Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment, Massachussets, WBCSD, 15a. edición, p. 374
- Serna., C. 2010, Gestión Energética Empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía, Producción + Limpia- Julio - Diciembre de 2010. Vol.5, No.2 p.

Análisis de Vida Útil Multivariante en Alimentos: Sensibilización de la Ponderación de Variables en Estudio Mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS)

Multivariate Shelf-Life Analysis of Food: Sensitization of Variables Weight at Study by Orthogonal Partial Least Square (O-PLS)

Jorge Saavedra; Andres Córdova; Carolina Astudillo; Pablo Ulloa; Lea Toledo.

Resumen. *Un problema recurrente en la estimación de vida útil es definir los factores limitantes en el deterioro. Frente a este problema existen varias estrategias metodológicas para sobrellevar el problema, que implican desechar información. En el presente trabajo se evalúa el uso de Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) como método de sensibilización para mejorar la extracción de variabilidad en el modelamiento de la cinética multivariante para la determinación de vida útil de un producto snack. El producto fue incubado en forma acelerada a 3 temperaturas durante 720 días. Se evaluó Aw, color (DE), humedad y evaluación organoléptica (olor, color, textura y sabor). Posteriormente, se evaluó el método (O-PLS) como estimador de la cinética de deterioro multivariante, mostrando claras ventajas respecto del método original: Análisis de Componentes Principales (PCA).*

Palabras clave: *Vida útil, análisis multivariante, orthogonal partial least square.*

Abstract. *A recurring problem in the shelf life estimation is to define the limiting factors in the deterioration phenomena. Faced with this problem there are several methodological strategies for coping with this problem. In the present work, the use of orthogonal Partial Least Square (O-PLS) as a method of sensitization to improve the modeling of multivariate kinetics for shelf life estimation in a snack product is performed. The product was incubated in an accelerated way at 3 temperatures during 720 days. Aw, colors (DE), moisture, sensory evaluation (smell, color, texture and flavor) were performed. Finally, the Orthogonal Partial Least Square (O-PLS) method was evaluated like an estimator of the shelf life multivariate kinetics, showing clear advantages over the original method: Principal Components Analysis (PCA).*

Key words: *Shelf-life, multivariate analysis, orthogonal partial least square.*

INTRODUCCIÓN

Dentro del Análisis de Vida Útil de Alimentos, un problema recurrente es la ponderación que se asigna a las variables en estudio en función de su importancia en el fenómeno de deterioro. Frente a este problema existen varias estrategias metodológicas: uso de índices de calidad (promedio ponderado), elección del factor limitante y ponderación por vector de máxima inercia entre otros (Robertson, 2010). La mayoría de estos criterios implica un sesgo sobre la dinámica del fenómeno abordado, discrepando los resultados de vida útil estimada por uno u otro método (Labuza, 1982).

Considerando el método planteado por Pedro and Ferreira (2006), quienes usan Análisis de Componentes Principales (PCA), se pueden estudiar simultáneamente las reacciones de deterioro, mediante la proyección de la variabilidad conjunta de los atributos de calidad en función del tiempo (scores), así como la interacción subyacente de los atributos de deterioro (loadings).

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la estimación de vida útil en un producto snack en base de manzana deshidratada, sensibilizando las ponderaciones de la matriz de loadings (peso de las variables) mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar las experiencias se dispusieron un total de 270 muestras provenientes de un proceso agroindustrial, las que se sometieron a incubación térmica acelerada a tres temperaturas: 18°C, 25°C y 35°C. Las variables de calidad evaluadas fueron: Aw (Aqua LAB, Decagon Devices Inc., Washington USA a 20,0°C ± 0,3°C), humedad (g/100g de producto), sulfitos (SO₂, mg*kg⁻¹ b.s), índice color DE (Minolta, CR-200b, Japón), mientras que las evaluaciones organolépticas fueron: sabor, color, aroma y textura. Las 3 cámaras de incubación se mantuvieron durante un total de 720 días.

A partir de los datos se aplicó PCA para obtener la cinética de deterioro multivariante. Posteriormente se sensibilizó la matriz

de loadings mediante Orthogonal Partial Least Square (O-PLS). O-PLS es un método de proyección que permite aislar fuentes de variabilidad, concentrando en el primer factor extraído la máxima información, lo que permite mejorar la explicación de los fenómenos estudiados (Erickson *et al.*, 2006). Para todos los cálculos se utilizó el software SIMCA-P+ 12 (Umetrics AB, Sweden, 2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis PCA inicial para el modelo explicó el 95.7% de la varianza total (PC1: 92,5% y PC2: 3,1%). La Figura 1 muestra la estructura de correlaciones para las variables en estudio. La relación indica que la Humedad fue directamente proporcional al índice de color DE, mientras que se aprecia una relación inversamente proporcional respecto del grupo de variables SO₂, Aroma, Textura, Sabor y Aw. La relación inversa de Aw

y Humedad se replica respecto de experiencias anteriores (Saavedra *et al.*, 2013) lo que se explica por el alto contenido de azúcares.

Posteriormente se procedió a sensibilizar la matriz de loadings mediante O-PLS utilizando como variable de respuesta la textura del producto, dado que sensorialmente es el parámetro que mejor indica la pérdida de crocancia. El modelo fue significativo (p -valor $< 0,05$) con un factor principal ($R^2X=94,7$) y uno secundario (ortogonal) ($R^2X=0,64\%$), que en conjunto explican el 92,9% (R^2Y) del modelo predictivo para la variable textura. Este resultado permitió mejorar el modelamiento de la cinética multivariante. Esto concuerda con lo planteado por Pedro and Ferreira (2006). Comparativamente los valores obtenidos mediante O-PLS arrojaron un menor error de estimación en los coeficientes del modelo ($SD\ res = 0,0626$) (Figura 2).

Al mismo tiempo, el método permitió jerarquizar de mejor forma la importancia de los coeficientes en el modelo, poseyendo una importancia decreciente aunque muy similares en magnitud: Índice de Color DE, Aroma, SO₂, Color, Humedad, Aw y Sabor, respectivamente. Así mismo se pudo comprobar la relación inversa de Humedad y Aw, no presentando diferencias significativas en orden de importancia entre sí como variables predictoras.

El modelo fue validado mediante el método de la bisectriz con un valor de $R^2=0,92$ (Figura 3).

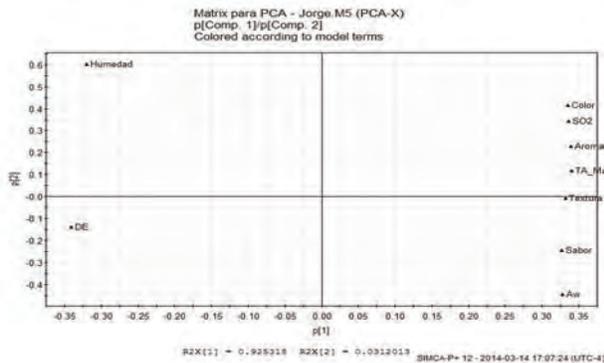


Figura 1. Loadings para PCA depurado.

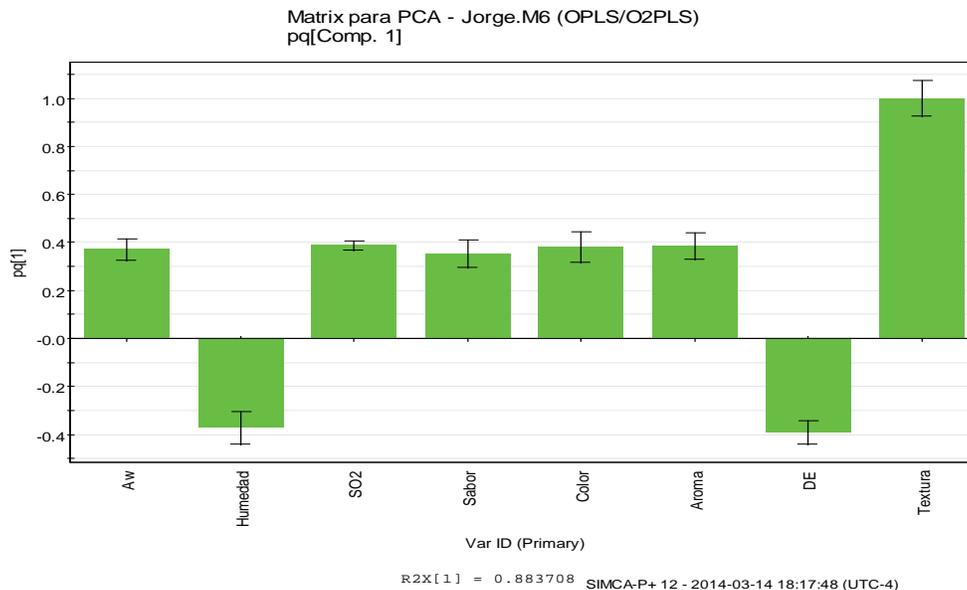


Figura 2. Coeficientes del modelo de estimación de Textura obtenidos con O-PLS.

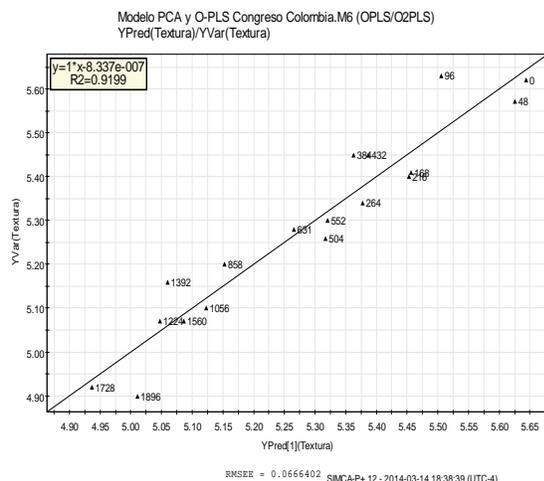


Figura 3. Validación modelo predictivo de Textura mediante O-PLS.

CONCLUSIÓN

Se evaluó el método O-PLS como alternativa a PCA para la estimación de la cinética de deterioro multivariante, demostrando ventajas sobre el modelo lineal que permiten

Incorporación de Pro bióticos en Pasas Chilenas Saborizadas

Incorporation of Probiotics in Chilean Flavored Raisins

Mónica Valdenegro¹; Araceli Olivares¹; Bárbara Zerené²

1 Centro Regional de estudios en alimentos saludables (CREAS), Valparaíso, Chile.

2 Universidad Técnica Federico Santamaría, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Valparaíso, Chile.

Resumen. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar una técnica de incorporación de probióticos en una cubierta comestible para pasas saborizadas utilizando la metodología de impregnación al vacío. El desarrollo de la experimentación se dividió en 4 etapas: pruebas preliminares de coloración y saborización de las uvas pasas mediante impregnación a vacío para ajustar los parámetros del proceso para la segunda etapa, de saborización. La tercera etapa correspondió a la incorporación de probióticos, para finalmente efectuar el recuento de colonias de lactobacilos de los probióticos en el producto final. Las pasas impregnadas con *L. casei* (4[g/L]) y *L. brevis* (4[g/L]) arrojaron los resultados más favorables, con los mayores porcentajes de adherencia y supervivencia (2,68 E+06 [UFC/g] y 6,59E+06 [UFC/g], respectivamente). Estos resultados fueron para los procesos de impregnación de 5 minutos.

Palabras clave: Impregnación a vacío, *Lactobacillus*, probióticos.

Abstract. The present study was conducted to evaluate a technique for incorporating probiotics in an edible flavored raisins deck using the methodology of vacuum impregnation. Experimentation development was divided into 3 phases: preliminary tests corresponded to coloring and flavoring raisins by vacuum impregnation for adjusting the process parameters to the second stage of flavoring. The third stage corresponded to the incorporation of probiotics, to finally end with counting colonies of probiotic lactobacilli in the final product. Raisins impregnated with *L. casei* (4 [g / L]) and *L. brevis* (4 [g / L]) showed the most favorable results, reaching the highest percentages of adhesion and survival (2.68 E+06 [CFU/g] and 6.59 E +06 [CFU/g] respectively). These results were for 5 minutes impregnation processes.

Key words: Vacuum impregnation, *Lactobacillus*, probiotics.

recomendar su uso como complemento en la explicación de fenómenos de deterioro de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Robertson, G. 2010. Food packaging and shelf life: a practical guide. Taylor and Francis. CRC Press, Boca Raton, USA. 404p.
- Pedro, A. and M. Ferreira. 2006. Multivariate accelerated shelf-life testing: a novel approach for determining the shelf-life of foods. *Journal of Chemometrics* 20(2): 76–83.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press. Connecticut, U.S.A.: Inc. Westport. 999p.
- Eriksson, L., E. Johansson, N. Kettaneh-Wold, J. Trygg, C. Wikstrom and S. Wold. 2006. Multi and Megavariate data analysis. Part I: Basic Principles and Applications. Ed. Second. Umetrics AB, Sweden. 425p.
- Saavedra, J., A. Córdova, L. Gálvez, C. Quezada and R. Navarro. 2013. Principal Component Analysis as an exploration tool for kinetic modeling of food quality: A case study of a dried apple cluster snack. *Journal of Food Engineering* 119 (2): 229–235.

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas en Chile es inferior a lo recomendado por la OMS tanto en niños como en adultos, a pesar de que el país es un importante productor a nivel mundial y a la disponibilidad y variedad de frutas a precios accesibles en el país. Una forma de estimular el consumo es ofrecer un producto listo para consumir, inocuo, nutritivo, saludable y atractivo, siendo las pasas una alternativa entre los frutos deshidratados. La uva pasa es un alimento de gran valor energético (3340 kcal/kg) y muy rico en azúcares (Carranza, 2009), las cuales se obtienen principalmente a partir de materia prima de descarte de exportación. La deshidratación supone la eliminación del agua de alimento hasta un nivel en que el producto desecado es estable durante un período de tiempo determinado siendo un proceso que utiliza grandes cantidades de energía, cuyos costos de suministro pueden ser relativamente altos comparados con otros métodos de conservación (Aguilera *et al.*, 2003). La deshidratación osmótica, con o sin vacío, se presenta como una alternativa de conservación de frutas que ha cobrado gran interés debido a las bajas temperaturas de operación usadas (20-50°C), lo cual evita el daño de componentes termolábiles, en propiedades nutritivas y/o funcionales además de reducir los costos de energía para el proceso (Fito y Chiralt, 2003). El producto pierde agua (hasta un 50-60% en base húmeda), gana sólidos solubles y reduce su volumen (Kowalska y Lenart, 2001; Carranza, 2009). Por su parte, existen pocos trabajos que den cuenta de la incorporación de probióticos en fruta deshidratada mediante impregnación a vacío y específicamente no existen referencias de su empleo en pasas saborizadas. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un proceso para la saborización de pasas (obtenidas mediante deshidratación osmótica) y su posterior incorporación de probióticos en su superficie. Las experiencias se efectuaron a escala laboratorio bajo condiciones de operación normal, evaluando la impregnación y supervivencia de los probióticos en la fruta y su calidad final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Los experimentos se llevaron a cabo con pasas de uva blanca (*Vitis vinifera*) seleccionadas por tamaño y color, de la variedad Thompson Seedless de productores de la Región de Valparaíso, Chile, y almacenadas en refrigeración (4°C) hasta su procesamiento (máximo 24h). Obteniéndose pasas mediante deshidratación osmótica con un porcentaje de humedad entre 18-20%.

Etapa 1. Pruebas preliminares: proceso de impregnación a vacío de pasas y saborización.

Se utilizó un recipiente Gastrovac con control de temperatura (35°C), programado a -0,85 [bar] de presión y una relación fruta/solución de 1:10. Se impregnaron a vacío (IV) los probióticos con un pulso por 5 min. Y un tiempo de escurrido y secado de 45 y 90 min., respectivamente, condiciones seleccionadas de acuerdo a experiencias preliminares de coloración con azul de metileno según penetración del frente de solución en el tejido. Una vez fijado los parámetros del proceso de IV, se saborizaron las pasas utilizando una concentración de saborizante (frambuesa) de 3[g/L], tiempo de impregnación de 5 min. En un pulso, tiempo de escurrido de 30 min. Y tiempo de secado en estufa a 40°C de 60 min. Se realizaron 2 procesos de IV, la materia prima fue de 600 [g] y una solución de saborizante con agua destilada de 6 [L] para cada proceso, obteniendo 1200 [g] de uvas pasas saborizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Experimentos preliminares de impregnación.

Experimento	Tiempo vacío [min]	Pulsos (Nº/min)	Tiempo Escurrido [min]	Tiempo Secado [min]
1	5	1	30	90
2	5	2 (3 + 2)	30	90
3	10	1	15	45
4	10	2 / 5	15	45
5	5	2/3 + 2	15	45
6	5	1	15	45

Etapa 2: Incorporación de probióticos en pasas saborizadas. Se utilizaron 3 tipos diferentes cepas de probióticos en formato liofilizado: *Lactobacillus casei* (LC), *Lactobacillus plantarum* (LP) y *Lactobacillus brevis* (LB), en dos concentraciones: 2 y 4 [g/L]. Las condiciones de proceso de IV fueron: presión de -0,85 [bar], relación fruta/solución 1:10 con agitación a 35°C, evaluando dos tiempos de proceso (5 y 10 min), escurrido de 30 min. y 90 min. de secado en estufa a 40°C. (Tabla 2)

Tabla 2. Condiciones de evaluación de incorporación de probióticos.

Probiótico disponible [g]	Concentración [g/L]	Total probióticos [g]		
L. casei	18,83	4	4	9,6
L. brevis	5,36	2	2	4,8
L. plantarum	6,47	2	2	4,8

Etapa 3: Evaluación de IV y supervivencia. Se evaluó la impregnación en función de la adherencia del probiótico y su viabilidad, efectuando recuento de colonias y muestreando la solución a inicio y fin de proceso, y sobre el producto final. Para obtener una solución proveniente de las pasas, se pesó

2,5[g] de fruta, homogeneizando en 15 [mL] de agua destilada. Un lote de uvas pasas de igual magnitud a los tratamientos diseñados se mantuvo como grupo control, y referencia respecto de parámetros de calidad. La fruta tratada y control fue sometida a análisis de calidad sensorial por un panel entrenado de jueces. (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Recuento de colonias en la fruta.

Probiótico aplicado	Concentración [g/L]	Tiempo de Vacío [min]	Promedio [UFC/g]
LC	2	5	1,31E+06
LC	4	5	2,68E+06
LB	2	5	0
LB	4	5	6,59E+06
LC	2	10	5,01E+05
LC	4	10	8,19E+05
LP	2	10	4,66E+03
LP	4	10	5,14E+04
LB	2	10	4,89E+02
LB	4	10	0

Tabla 4. Recuento de colonias en solución.

Muestra (Solución)	Concentración [g/L]	Etapas del Proceso	Tiempo de Vacío [min]	Promedio [UFC/mL]
LC	2	Inicio	5	3,27E+07
LC	2	Final	5	6,44E+06
LB	2	Inicio	5	1,85E+06
LB	2	Final	5	1,02E+06
LB	4	Inicio	5	7,00E+06
LB	4	Final	5	1,40E+05
LC	2	Inicio	10	4,68E+07
LC	2	Final	10	1,10E+04
LC	4	Inicio	10	9,02E+07
LC	4	Final	10	5,22E+06
LP	2	Inicio	10	5,76E+06
LP	2	Final	10	1,02E+06
LP	4	Inicio	10	5,87E+07
LP	4	Final	10	5,79E+06
LB	2	Inicio	10	1,51E+06
LB	2	Final	10	1,13E+06
LB	4	Inicio	10	9,95E+06
LB	4	Final	10	2,69E+06

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto del recuento de colonias expresado en [UFC/g] en las soluciones obtenidas en contacto con la fruta, al inicio y final del proceso se observó un mayor crecimiento de *L. casei*, que se vio favorecido con mayores tiempos de vacío. La saborización de la fruta no se vio afectada por los tratamientos de IV (datos no mostrados). No hubo diferencias significativas respecto de la adherencia de los probióticos evaluados (datos no mostrados), no obstante, la supervivencia mostró diferencias evidentes entre los mismos. En relación a los parámetros de calidad, las pasas se evaluaron sensorialmente por un panel entrenado de catadores, no detectando diferencias significativas con las frutas control sin impregnación.

CONCLUSIONES

Se determinó un protocolo para deshidratar osmóticamente pasas que posteriormente fueron saborizadas y recubiertas con una solución enriquecida con probióticos

Las pasas impregnadas con *L. casei* 4 [g/L] y *L. brevis* (4[g/L]) arrojaron resultados más favorables para los procesos de impregnación de 5 minutos, alcanzando 2,68 E+06 [UFC/g] y 6,59E+06 [UFC/g], respectivamente. Este nuevo producto se validó a escala piloto.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Regional de Estudios en Alimentos y Salud CREAS, CONICYT-Regional GORE Valparaíso, Proyecto R12C1001.AI Proyecto INNOVA Código 13IDL1-18273.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J.M., A. Chiralt, and P. Fito. 2003. Food dehydration and product structure. *Trends in Food Science & Technology* 14(10): 432-437.
- Carranza, J. 2009. Influencia del procesado en el valor nutritivo y funcional de la uva blanca. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento Tecnología de Alimentos, 85p.
- Fito, P. and A. Chiralt. 2000. Vacuum impregnation of plant tissues. pp. 189-204. En: S. M. Alzamora, M. S. Tapia, López-Malo. (Eds.). *A design of minimal processing technologies for fruit and vegetables*. Maryland: Aspen Publishers Inc. 210 p.
- Fito, P. A. Chiralt. 2003. Food matrix engineering: The use of the water-structure-functionality ensemble in dried food product development. *Food Science and Technology International* 9 (3): 151-156.
- Kowalska, H. and A. Lenart. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering* 49 (2): 137- 140.

Parámetros Fisicoquímicos de Calidad en Aceite de Soya (*glycline max*) en Procesos de Decoloración en frío

Physicochemical Parameters of Quality Soybean Oil (*glycline max*) Decolorization Process in Cold

Samuel David Vargas Neira¹; Pablo Emilio Rodríguez Fonseca²

1 Estudiante de maestría en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia. david_chemical@hotmail.com.

2 Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co.

Resumen. En este trabajo se realizó la decoloración de aceite de soya a través de la adición de arcilla Tonsil en frío, a concentraciones de 1 g, 2 g y 3 g de arcilla, temperaturas de adición de 20, 25 y 30 °C y tiempos de 5, 10 y 20 minutos. Los resultados muestran que los parámetros fisicoquímicos no varían de manera significativa en el proceso de decoloración, a excepción de la acidez y el índice de refracción que se incrementaron a medida que se aumentaba el tiempo de calentamiento, la concentración de la arcilla y la temperatura de adición.

Palabras clave: Parámetros de calidad, índice de refracción, acidez, índice de yodo.

Abstract. In this paper decolorization soybean oil was performed by adding cold Tonsil clay, at concentrations of 1 g, 2 g and 3 g of clay, adding temperatures 20, 25 and 30 °C and times of 5, 10 and 20 minutes. The results show that physicochemical parameters do not vary significantly in the bleaching process, except for the acidity and the refractive index which were increased as the heating time, the concentration of the clay and the adding temperature were increased as well.

Key words: Quality parameters, refractive index, acid value, iodine

INTRODUCCIÓN

Los procesos tecnológicos de refinación permite obtener aceites comestibles crudos o refinados, para los refinados se involucran una serie de procesos entre los que se tiene: extracción del aceite, la refinación, que consiste de procesos como el desgomado, neutralización, decoloración, winterización y desodorización (Parada, 2005). La decoloración consiste en la remoción de pigmentos, subproductos de oxidación, iones metálicos, jabones, trazas de sólidos y fosfátidos. Se realiza tradicionalmente a través de la adición de arcillas como el Tonsil, la cual es activada con ácido presentando una mejor superficie de trabajo y tamaño adecuado de poro y en donde

el aceite se encuentra a una temperatura de 100 °C, y bajo esta condición, se adiciona la arcilla (Makhoukhi *et al.*, 2009). El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la decoloración en frío de aceite de soya sobre los parámetros fisicoquímicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la caracterización del aceite crudo de soya, provisto por la compañía nacional de aceites con sede en Buga (Valle del Cauca). *Análisis fisicoquímicos.* Índice de acidez, el índice de yodo, la densidad del aceite, el índice de refracción. *Refinado.* Desgomado con ácido fosfórico al 2% (Aly, 1992) y neutralización con NaOH al 20 % (Andersen, 1965). *Decoloración.* Se emplearon muestras 100 g de aceite refinado, las temperaturas de evaluación fueron 20, 25 y 30 °C, los porcentajes de arcilla TONSIL fueron: 1, 2 y 3% y los tiempos de 5, 10 y 20 minutos de decoloración (Parada, 2005). *Diseño experimental y análisis de datos.* Se aplicó un diseño factorial fraccionado de la forma 3^{k-p} , donde el valor de k es 3 niveles y p se refiere a un factor de 1 que corresponde a la fracción que se toma, es decir que se trabajaron $3^{3-1} = 9$ tratamientos. Los datos se analizaron con una ANOVA de tres vías ($P \leq 0.05$), y en caso de existir diferencia se analizó con la prueba de rango múltiple de Duncan, utilizando el software STATGRAPHICS CENTURION XVI ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de densidad, índice de yodo, índice de refracción y acidez de las muestras de aceite de soya crudo se encuentran dentro de los de la NTC 254 (1996) (Tabla 1), y son similares a los hallados en la literatura (Briceño y Navas, 2005; Muniategui *et al.*, 1992). El refinado (desgomado y neutralización), así como la decoloración no ejercieron efecto significativo sobre la densidad y el índice

Tabla 1. Características fisicoquímicas de los tratamientos realizados al aceite de soya.

Tratamiento	Densidad	Índice de refracción	Índice de yodo	Acidez
Aceite crudo (AC)	0,923±0,001a	1,4739±0,0002a	127,70±3,25a	1,68±0,03e
Aceite neutralizado (AN)	0,924±0,001a	1,4738±0,0003a	128,65±3,32a	0,64±0,11a
T1 (t:5, T°:20 C:1)	0,924±0,003a	1,4720±0,0000d,e	130,70±2,83a	0,69±0,01a,b
T2(t:10, T°:25 C:1)	0,925±0,002a	1,4723±0,0004c,d,e	128,55±1,34a	0,71±0,02a,b
T3(t:20, T°:30 C:1)	0,925±0,002a	1,4732±0,0004a,b	128,13±5,28a	0,77±0,02a,b
T4 (t:5, T°:20 C:2)	0,926±0,004a	1,4733±0,0004a,b	127,80±2,40a	1,40±0,10d
T5 (t:10, T°:25 C:2)	0,922±0,003a	1,4728±0,0004b,c,d	130,74±2,18a	0,82±0,03b
T6 (t:20, T°:30 C:2)	0,925±0,002a	1,4730±0,0001b,c	125,70±0,99a	1,21±0,12c
T7 (t:5, T°:20 C:3)	0,926±0,001a	1,4730±0,0006b,c	126,45±1,48a	1,25±0,02c
T8 (t:10, T°:25 C:3)	0,926±0,001a	1,4735±0,0007a,b	127,35±1,34a	1,12±0,08c
T9 (t:20, T°:30 C:2)	0,923±0,003a	1,4715±0,0000e	129,95±5,73a	0,82±0,01b

T: tratamiento, t: tiempo, T°: temperatura, C: concentración de Tonsil. Los resultados presentados en la tabla, son el promedio de dos observaciones \pm su desviación estándar. Los valores en la columna seguidos la misma letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$).

de yodo, mientras que los valores de índice de refracción y acidez incrementaron en relación con el aumento en cada una de las variable. La concentración de arcilla de 1 y 2% incrementó el índice de refracción y acidez, pero al llevarla a 3% se redujo el valor de estos índices.

CONCLUSIONES

El proceso de refinado no afecta los parámetros fisicoquímicos del aceite. La decoloración solo ejerce efecto significativo sobre el índice de refracción y acidez. Estos resultados indican que es posible realizar la decoloración de aceite en frío o a bajas temperaturas.

BIBLIOGRAFÍA

Parada, E. 2005. Caracterización del Aceite y la Fibra Dietética Obtenidos a Partir de Semilla de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). Tesis Licenciado en Ciencias de los Alimentos. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 90 p.

- Makhoukhi, B., M.A. Didi y A. Azzouz. 2009. Acid activation of Bentonite for use as a vegetable oil bleaching agent. *Grasas y aceites* 60(4): 343-349.
- Aly, S. 1992. Degumming of soybean oil. *Grasas y Aceites*, 43 (5): 284-286.
- Andersen, A. 1965. Refinación de aceites y grasas comestibles. CECSA. México. D.F. 400 p.
- Briceño, J y P. Navas. 2005. Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. *Rev. Fac. Agron. Maracay, Venezuela* 3:109-119.
- Muniategui, S., P. Paseiro y J. Simal. 1992. Medida del grado de insaturación de aceites y grasas comestibles por espectroscopía infrarroja y su relación con el índice de iodo. *Grasas Aceites* 43 (1): 1-5.

Efecto de la Irradiación UV-C sobre la Calidad de Banano (Gross Michel) Mínimamente Procesado

Effect of UV-C Irradiation on the Minimally Processed Banana (Gross Michel) Quality

Daniela Fernanda Velásquez Lozano¹; Claudia Patricia Valenzuela Real².

1 Ingeniera Agroindustrial, Tesista, Facultad de Ingeniería Agronómica, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima. danipesosa14@hotmail.com

2 Profesora Asociada, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima. cpvalenz@ut.edu.co

Resumen. La importancia que reviste el banano Gross Michel para la región, sustenta como alternativa de conservación y generación de valor agregado el tratamiento combinado de radiación UV-C y atmósferas modificadas pasivas sobre banano entero y precortado en grado de madurez 5 (GM5). El producto acondicionado e irradiado con una dosis de exposición de 1 y 5 KJ/m², fue empacado en tarrinas plásticas de Tereftalato de Polietileno (PET) con micro perforaciones y almacenados bajo condiciones de refrigeración (7±8°C, y HR 85%) hasta inicio de deterioro fisicoquímico y/o de pardeamiento enzimático. Los resultados obtenidos indican que no existe diferencia significativa entre propiedades fisicoquímicas para las dosis de exposición y presentaciones de producto, a diferencia de la cinética enzimática, que presentó una tendencia decreciente durante el almacenamiento en función del contenido de fenoles presentes en el producto y estado de maduración alcanzado. En conclusión los mejores tratamientos fueron 5 KJ/m² en banano cortado (M5) y 1KJ/m² en banano entero (M1).

Palabras clave: Fruto perecedero, pardeamiento, atmósfera modificada pasiva, valor agregado, calidad.

Abstract. The importance of Gross Michel bananas for the region, based alternative conservation and generation of added value combined treatment of UV -C radiation and passive modified atmosphere on whole and fresh-cut banana in maturity of 5 (GM5). The product conditioning and irradiated with an exposure dose of 1 and 5 KJ/m² was packed in plastic tubs of Polyethylene Terephthalate (PET) with micro perforations and stored under refrigerated conditions (7 ± 8 ° C and 85 % RH) to start deterioration physicochemical and / or enzymatic discoloration . The results indicate no significant difference between physicochemical properties for exposure doses and presentations, unlike the enzyme kinetics, which showed

a decreasing trend during storage depending on the phenol content in the product and state reached maturity. In conclusion, the best treatments were cut 5 KJ/m² in banana (M5) and 1KJ/m² in whole banana (M1).

Key words: Perishable fruit, browning, passive modified atmosphere, value added, quality.

INTRODUCCIÓN

El banano Gross Michel es un producto susceptible a daños mecánicos durante la cosecha y postcosecha, momento en que la polifenoloxidasas (PPO), es activada generando cambios a nivel de las estructuras subcelulares que deterioran su calidad y valor nutricional (Giraldo *et al.*, 2000). La radiación UV-C aplicada como tratamiento de conservación, tiene un efecto nocivo sobre el ADN de muchos microorganismos y sitios activos de las enzimas, sin alterar las propiedades sensoriales del producto (Miller, 2003). Recientemente, ha sido considerada como tratamiento alternativo para preservar la calidad de frutas, siendo demostrada su efectividad en productos de IV GAMA como mango (González Aguilar *et al.*, 2007) y melón (Lamikanra *et al.*, 2005). Dentro de este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la radiación UV-C sobre la cinética de pardeamiento y propiedades fisicoquímicas del banano Gross Michel mínimamente procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El banano *Gross Michel*, cosechado en (GM5) según Norma Icontec NTC 1190, fue seleccionado, lavado, pelado y dividido en dos grupos: banano entero y cortado en trozos de 3cm, para ser expuestos a radiaciones de 1 y 5 KJ/m² en un sistema compuesto por dos grupos de lámparas germicidas fluorescentes situadas a 25 cm de la muestra con un pico de emisión de 254 nm. El producto

irradiado fue empacados en tarrinas de PET y almacenado a temperatura de refrigeración de $7 \pm 8^\circ \text{C}$, durante un periodo de 15 días con el fin de evaluar su calidad.

Parámetros fisicoquímicos. Las variables objeto de evaluación fueron pH (NTC 4592), acidez titulable (NTC 4623), contenido de sólidos solubles (SST) (NTC 4624) y cambios de color en el espacio CIEL*a*b* en terminos de luminosidad (L^*) y cromaticidad (a^* , b^*).

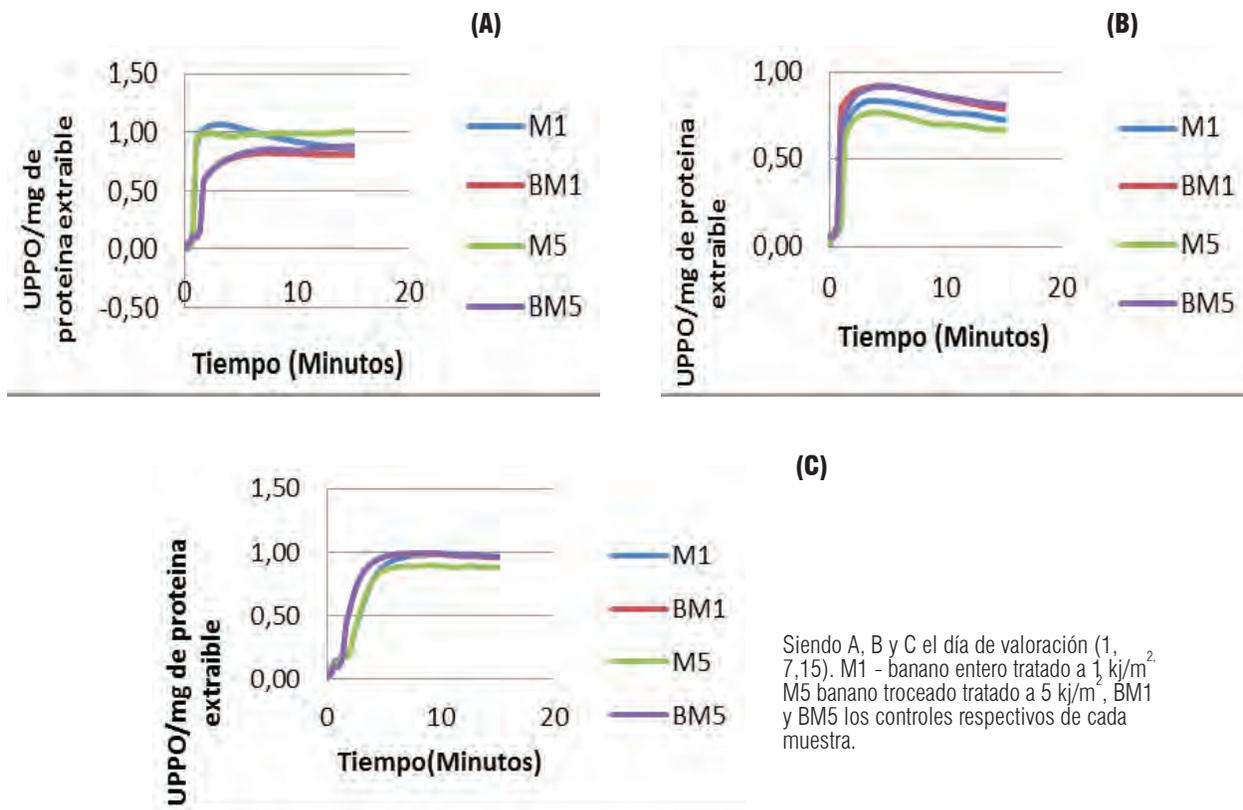
Actividad de la enzima polifenoloxidas (PPO): se llevó a cabo siguiendo lo establecido por García *et al.*, (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH, SST y Cromaticidad (Índice de dorado (IB)) no registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y controles, indicando que las dosis de UV-C aplicadas no afectaron la estructura de los tejidos del banano. Comportamiento análogo al del

pimiento evaluado por Vicente *et al.*, (2005). El % Acidez y Factor de Luminosidad ($*L$), presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las cuatro variables con un nivel de confianza del 95%.

Actividad enzimática (PPO). Expresada en unidades de PPO por mg de proteína extraíble, registro la mayor actividad durante los primeros 7 minutos de valoración de la absorbancia del extracto, determinando el valor relativo de la enzima según el tiempo y tratamiento provisto (Grafica 1). Lo cual indicó, que a medida que avanzó el almacenamiento y aumento la maduración la acción de la enzima decreció y tendió a estabilizarse posiblemente por agotamiento de los compuestos fenólicos tal y como lo indican García *et al.*, (2006) y otros autores, en hojas de té y melocotones el pardeamiento enzimático se causa por la acción de la PPO sobre los fenoles contenidos en el producto, estos compuestos con frecuencia disminuyen durante la maduración.



Siendo A, B y C el día de valoración (1, 7, 15). M1 - banano entero tratado a 1 kJ/m^2 , M5 banano troceado tratado a 5 kJ/m^2 , BM1 y BM5 los controles respectivos de cada muestra.

Gráfica 1. Evaluación de la velocidad de degradación de la PPO en banano irradiado con UVC y almacenado a $7 \pm 8^\circ \text{C}$.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la irradiación UV-C como tratamiento de conservación, no genera cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas del banano, factor que se considera positivo para la aceptación del consumidor; entre tanto la actividad enzimática durante el proceso y periodo de almacenamiento presenta variaciones importantes que se evidencian en el cambio de color del producto después de 15 días de almacenamiento, indicando que esta se va degradando y presentando en menores cantidades con la maduración y el paso de los días. La aplicación de irradiación UV-C se constituye como una alternativa de conservación para productos con alta tasa de actividad enzimática, debido a que retrasa e inhibe parcialmente la acción de la enzima PPO que actúa sobre los compuestos fenólicos presentes, generando así una oferta futura de preservación para productos sensibles al pardeamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Miller, D.D. 2003. Química de Alimentos. Manual de Laboratorio. Capítulo 9: 69-71. Editorial Limusa Willey México
- García C., G. Giraldo, H. Hurtado y C. Mendivil. 2006. Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano Gros Michel en diferentes estados de maduración. VITAE 13(2): 13-19.
- Giraldo G, G. Cayón y M. Arcila. 2000. Postcosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia. CORPOICA, Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, COLCIENCIAS. Armenia: Fudesco 267p
- González-Aguilar, G., R. Zavaleta-Gatica and M.E. Tiznado-Hernández, M.E. 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' y UV-C treatment. Postharvest Biology and Technology. 45(1): 108-116.
- Lamikanra, O., D. Kueneman, D. Ukuku and K. Bett-Garber. 2005. Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. Journal of Food Science. 70(9): 534-539
- Vicente, A., C. Pineda, L. Lemoine, P. Civello, G. Martínez and A. Chaves. 2005. UV-C T reatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. Postharvest Biology and Technology. 35(1): 69-79.

Concentración de Micelas de Caseína por Microfiltración: Escalamiento de un Módulo

Casein Micelles Concentration by Microfiltration: Membrane Module Scale Up

Carolina Astudillo¹; Jorge Saavedra¹; Francisca Sánchez¹; Andrea Poblete¹

1 Escuela de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Waddington 716, Playa Ancha, Valparaíso, Chile. carolina.astudillo@ucv.cl

Resumen: La tecnología de membranas ha permitido innovar en la industria láctea gracias a su capacidad de fraccionar y concentrar al mismo tiempo. Una aplicación relativamente nueva es la concentración de micelas de caseína por microfiltración y una de sus dificultades es el escalamiento de módulos tubulares. El objetivo de este trabajo fue escalar un módulo tubular de 25 cm de largo a uno de 50 cm tomando en consideración solamente las caídas de presión. Para esto se trabajó operando con dos módulos de 25 cm conectados en serie. Se utilizó leche descremada (8,82% sólidos totales) que fue microfiltrada usando membranas cerámicas de 0,14 μm a tres temperaturas (40, 50 y 60°C). Los datos obtenidos en cada experiencia se ajustaron satisfactoriamente a un modelo exponencial ($R^2 \geq 0,96$), determinándose los parámetros típicos de proceso (flux límite y presión transmembrana crítica). Los resultados mostraron que las curvas flux de permeado (J) versus presión transmembrana que caracterizan el proceso, son independientes del largo del módulo, siendo sólo las caídas de presión el fenómeno que genera una disminución del flux a lo largo del sistema.

Palabras clave: Membranas cerámicas, módulos en serie, escalamiento, flux límite.

Abstract: The membrane technologies lead to the innovation in the dairy industry due to its capacity to concentrate and fractionate in one step. A new application is the casein micelle concentration by microfiltration and one of the process difficulties is the scale up of tubular modules. The aim of this work was to determine if it is possible to scale up a tubular module of 25 cm length to 50 cm just considering the pressure drop. Skim milk (8.82% p/p total solid) was microfiltered using ceramic membranes (0.14 μm) at 40, 50 and 60°C. The obtained data of each experiment were well adjusted to an exponential model ($R^2 \geq 0.9693$). Parameters such as limit flux and transmembrane pressure were determined. The results showed that the curves flux versus transmembrane pressure, which are characteristic of each set condition, were independent of module length. It means that the drop pressure is the phenomenon which generates the flux decline along the module.

Key words: Ceramic membranes, serial module, scale up, limit flux.

INTRODUCCIÓN

Gracias al avance en la tecnología de membranas, hoy en día es posible aplicarla para la obtención de nuevos productos a partir de la leche, ya que los permeados y concentrados obtenidos durante la separación, pueden ser usados para el desarrollo de nuevos productos (Brans *et al.*, 2004), como por ejemplo para la estandarización de proteínas para fabricar quesos y formulación de alimentos lácteos para deportistas. La concentración de caseínas por microfiltración, junto con la producción de suero nativo es una aplicación reciente que está ganando atención por parte de los productores lácteos, ya que conduciría a un óptimo uso de las fracciones de la leche (Skrzypek y Burger, 2010).

Durante la operación de un módulo de membranas uno de los aspectos relevantes es el control del ensuciamiento, ya que disminuye el flux (J) a través del tiempo. Una manera de controlar este fenómeno es trabajar a una presión transmembrana (ΔPT) tal, que se opere bajo la condición límite o menor. Actualmente las investigaciones apuntan a trabajar a ΔPT bajas, en una condición llamada crítica, donde se obtienen fluxes menores, pero sustentables a través del tiempo (Bacchin *et al.*, 2006). En relación al escalamiento del largo del módulo, Belfort *et al.*, (1994) lo califica como "difícil", mientras Mulder, (1996), indica que es prácticamente lineal. Pero, ¿Qué significa exactamente "prácticamente lineal"? ¿Se refiere al uso de módulos del mismo largo en paralelo o qué basta duplicar el largo de la membrana si se quiere procesar el doble del caudal? ¿Cómo afectan las caídas de presión al escalamiento? ¿Cuál es el rol del ensuciamiento? ¿Es posible estimar el comportamiento de un módulo de largo 2L en función de los resultados obtenidos para un módulo de largo L? El objetivo de este trabajo fue determinar si es posible escalar un módulo de largo 25 cm a uno de 50 cm tomando en consideración solamente las caídas de presión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se microfiltró leche descremada a 40, 50 y 60°C (n=2). Se usó un módulo conformado por dos módulos tubulares

Membralox® de 25 cm de largo para simular el funcionamiento de un módulo

de 50 cm (Figura 1). Se usaron membranas de 0,14 μm y 6 mm de diámetro hidráulico. La velocidad tangencial fue 4,64 m/s.

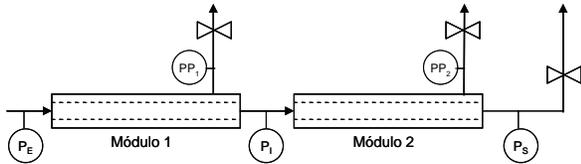


Figura 1: Representación de los módulos acoplados en serie y ubicación de los manómetros.

Las presiones transmembrana se calcularon de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

Para el módulo 1 (primeros 25 cm): $\Delta\text{PT1} = (\text{PE} + \text{PI})/2 - \text{PP1}$; para el módulo 2 (segundos 25 cm): $\Delta\text{PT2} = (\text{PI} + \text{PS})/2 - \text{PP2}$ y para el módulo en serie (50 cm): $\Delta\text{PT3} = (\text{PE} + \text{PS})/2 - (\text{PP1} + \text{PP2})/2$. Donde ΔPT1 está asociada al módulo 1, la ΔPT2 al módulo 2 y la ΔPT3 al módulo de 50 cm. Para simular un módulo de 50 cm a partir de dos módulos de 25 cm conectados en serie, las presiones por el lado del permeado de ambos módulos deben ser iguales. Los puntos experimentales fueron ajustados al modelo exponencial (Yeh, 2009) modificado: $J = J_L (1 - \exp(-\Delta\text{PT}/(\Delta\text{PT})C))$, donde J es el flux de permeado, J_L es el flux límite, $(\Delta\text{PT})C$ es la ΔPT crítica del sistema. A los datos ajustados al modelo se le realizó un análisis a los residuos obteniéndose en todos los casos distribuciones al azar y ajustadas a una distribución normal (p -valor $\geq 0,05$; Nivel de Confianza al 95%) para los test no-paramétricos Shapiro-Wilks y Kolgomorov-Smirnov D modificado (Ryan, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se presentan las curvas de J vs ΔPT realizadas durante la microfiltración a 40°C, para el módulo 1, el módulo 2 y el módulo en serie. No se observan puntos a baja presión durante la operación del módulo 1, pero si para el 2. Esto es porque el módulo 1 siempre operará a una mayor ΔPT que el 2 como consecuencia de la caída de presión que existe a lo largo del sistema. Luego, es posible que para una ΔPT3 , el módulo 1 se encuentre operando a una ΔPT superior al valor límite, mientras el 2, se encuentre operando a una inferior incluso al valor crítico. Esto muestra que existe un comportamiento heterogéneo en términos de J a lo largo de la membrana, por efecto de la caída de presión, ya que es el único parámetro que varía significativamente con el largo. En la Figura 3 se presenta la experiencia a 50°C. Se observa que el aumento de

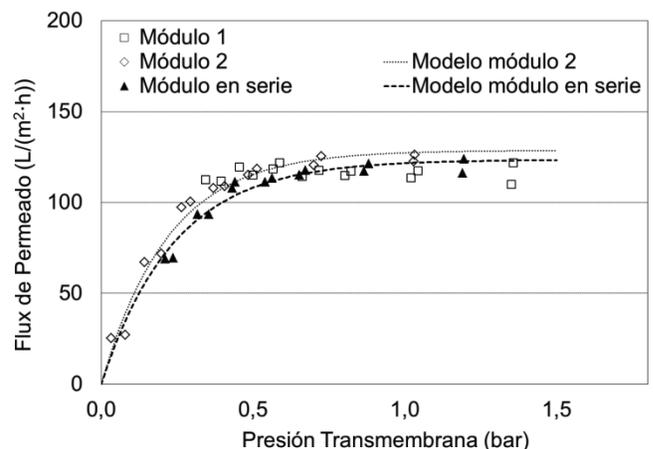


Figura 2. Microfiltración a 40°C

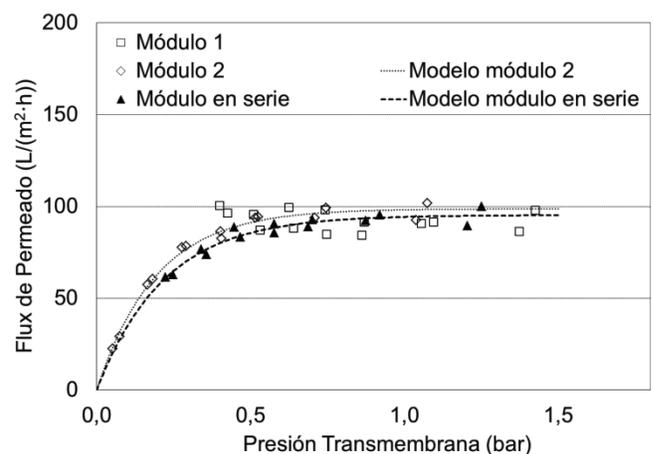


Figura 3. Microfiltración a 50°C.

la temperatura, genera un aumento en el valor máximo para el flux obtenido (J_L) y un comportamiento semejante al obtenido a 40°C. Por último, en la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos a 60°C. Para esta temperatura, si observan puntos a baja presión y el ajuste de los datos experimentales al modelo exponencial generan prácticamente la misma curva. Esto se verifica al comparando los valores de los parámetros ajustados para el módulo 2 ($J_L = 145,31 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; $(\Delta\text{PT})C = 0,24 \text{ Bar}$; $R^2 = 0,9693$) y para el en serie ($J_L = 142,54 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; $(\Delta\text{PT})C = 0,25 \text{ bar}$; $R^2 = 0,9725$) a 60°C. Fenómeno que se observa también a 40°C y a 50°C. La superposición de las curvas J vs ΔPT , implica que son independientes del largo del módulo, por lo tanto, son las caídas de presión el fenómeno que genera una disminución del flux a lo largo del sistema y por lo tanto es posible realizar el escalamiento, gracias a que la presión decrece linealmente desde la entrada a la salida de la membrana. Así, mediante el uso de las curvas realizadas para una membrana de 25 cm, será posible

estimar adecuadamente el comportamiento de un módulo de un largo mayor, considerando que su construcción se realiza con módulos de 25 cm en serie. La unión entre módulos no genera una alteración en la concentración de polarización, ni en la capa límite en la superficie de la membrana (Piry *et al.*, 2008). Se observó que siempre se cumplió que al duplicar el largo del módulo se obtuvo un valor de flux menor al doble del flux original.

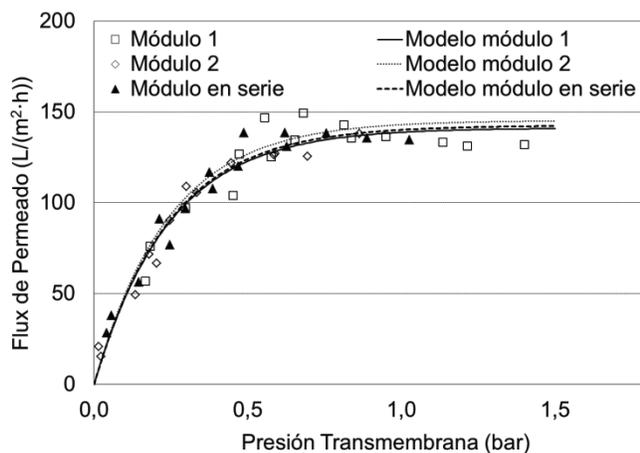


Figura 4. Microfiltración a 60°C

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos con un módulo de 25 cm es posible escalar los resultados a un módulo del doble de largo durante la concentración de micelas de caseína por microfiltración.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Fondecyt de Iniciación 11110402, Gobierno de Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Bacchin, P., P. Aimar and R.W. Field. 2006. Critical and Sustainable fluxes: Theory, experiments and applications. *Journal of Membrane Science* 281(1-2): 42-69.
- Brans, G., C. Schroën, R. Van der Sman and R. Boom. 2004. Membranefractionation of milk: State of the art and challenges. *Journal of Membrane Science* 243(1-2): 263-272.
- Belfort, G., R.H. Davis and A.L. Zydney. 1994. The behavior of suspensions and macromolecular solutions crossflow microfiltration. *Journal of Membrane Science* 96(1-2): 1-58.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, 565 p.
- Piry, A., W. Kühnl, T. Grein, A. Tolkach, S. Ripperger S. and U. Kulozik. 2008. Length dependency of flux and protein permeation in cross flow microfiltration of skimmed milk. *Journal of Membrane Science* 325(2): 887-894.
- Ryan T. 2007. *Modern Engineering Statistics*. John Wiley and Sons, Inc., USA. .
- Skrzypek, M. and M. Burger. 2010. Isoflux® ceramic membranes- Practical experiences in Dairy industry, *Desalination* 250(3): 1095-1100.
- Yeh H.M., 2009. Exponential model analysis of permeate flux for ultrafiltration in hollow-fiber modules by momentum balance, *Chemical Engineering Journal* 147(2-3): 202-209.

Recubrimientos Comestibles para Alimentos a Base de Polímeros Biodegradables, Ácidos Grasos y Antioxidantes

Edible Coatings for Food Based on Biodegradable Polymers, Fatty Acids and Antioxidants

Julie Fernanda Benavides Arévalo¹; Gloria Elena Tobón Zapata².

1 Doctora en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Profesora de la Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia julieferb@gmail.com

2 Doctora en Química. Profesora de la Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. getobon@farmacia.edu.co

Resumen. Actualmente, el uso de recubrimientos comestibles en productos alimenticios requiere del desarrollo de formulaciones innovadoras a base de polímeros biodegradables. Estos materiales actúan como barrera de protección y soporte para ingredientes activos o aditivos, capaces de conservar y mejorar la calidad del producto. Nutrientes esenciales para el organismo, que difícilmente se adquieren de la dieta como son los ácidos grasos y los antioxidantes, pueden ser adicionados en los recubrimientos sin afectar las características organolépticas del alimento. En este trabajo, un recubrimiento comestible con Omega 3 y Vitamina E fue usado para conservar los alimentos y protegerlos de las agresiones del ambiente, generando al mismo tiempo, un aporte nutricional para el organismo.

Palabras clave: Recubrimientos comestibles, polímeros biodegradables, ácidos grasos, antioxidantes, omega 3 y vitamina E.

Abstract. Currently, the use of edible films in food products requires the development of innovative formulations based on biodegradable polymers. These materials act as a protective barrier and supporting for active ingredient or additives, maintaining or improving product quality. The essential nutrients of the body are hardly acquired in the diet as fatty acids and antioxidants, they must be added in the coating material without affecting, the organoleptic characteristics of the food. In this paper, an edible coating with Omega 3 and Vitamin E was used to preserve foods and protect them from environmental factors and at the same time generate a nutritional value for the body.

Key words: Edible coatings, biodegradable polymers, fatty acids, antioxidants, omega 3 and vitamin E.

INTRODUCCIÓN

Un recubrimiento comestible se define como una fina capa sobre un alimento en forma de cobertura que permite

mantener la integridad física, controlar la migración de humedad, de gases y de lípidos e incluir en el sistema ingredientes activos como: antimicrobianos, mejoradores de textura y nutrientes. El recubrimiento de alimentos no es un tratamiento innovador, sin embargo en la actualidad se busca que los materiales a utilizar tengan el menor impacto posible sobre el medio ambiente. Como respuesta a esta necesidad surge el uso de polímeros biodegradables; materiales de origen animal, vegetal o microbiano que cuando son expuestos durante un tiempo a condiciones determinadas de humedad, oxígeno y flora microbiana, son transformados en sustancias sencillas (agua, dióxido de carbono y biomasa) (Figuerola *et al.*, 2011).

Los hidrocoloides derivados de la celulosa son buenos agentes formadores de recubrimientos con excelentes propiedades mecánicas, sin embargo por ser hidrofílicos, permiten la transferencia de humedad, lo cual ha llevado a la elaboración de emulsiones de lípidos dentro de una matriz de hidrocoloides (Rodríguez *et al.*, 2003).

Una funcionalidad importante de los recubrimientos comestibles es su habilidad para incorporar ingredientes activos, y dada la tendencia de los consumidores en buscar alimentos naturales que proporcionen un beneficio en la salud, se requiere del desarrollo de formulaciones innovadoras que los incorporen sin afectar las características organolépticas del alimento.

Por otro lado, los ácidos grasos y los antioxidantes; son nutrientes importantes en el organismo, los primeros reducen el riesgo de enfermedad cardiaca, y de enfermedades crónicas como cáncer y artritis. Los antioxidantes por su parte, retrasan los efectos del envejecimiento y previenen la descomposición de las células, dado que su principal tarea es inhibir radicales libres. Diversos alimentos contienen ácidos grasos y antioxidantes, entre ellos se destaca el aceite de oliva

(99% de diferentes ácidos grasos y 1% de Vitamina E) (Neuza *et al.*, 2010).

Entre los métodos de obtención de recubrimientos se tiene el método de inmersión o *Dip-Coating*, y consiste en la inmersión de un sustrato en un reservorio de solución durante un corto periodo de tiempo y después de un proceso de secado, queda el recubrimiento depositado sobre la superficie del sustrato (Leal *et al.*, 2011).

En este trabajo se plantea el desarrollo de un recubrimiento comestible a base de polímeros biodegradables con Omega 3 y Vitamina E, el cual además de servir de barrera de protección medioambiental para el alimento, prolongue su vida útil y mejore su calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de los recubrimientos. Los recubrimientos se elaboraron a partir de una emulsión O/W (10%-90%) con aceite de oliva (Premier®), una solución acuosa al 2% de hidroximetilcelulosa (Merck®) y 0,5% de Tween 80 (Bellchem®) como emulsificante. Los componentes activos, Omega 3 (EPA 360mg y DHA 240mg) y Vitamina

E (420 UI), se adicionaron sobre la fase oleosa. Esencia de caramelo (Alternativas Alimenticias) y los conservantes, Benzoato de sodio y Sorbato de potasio (Millikan) se adicionaron a la fase acuosa en una proporción menor a 1%. Para formar la emulsión, la mezcla se calentó a 60°C por 30 min a 300 rpm, en una platina de agitación magnética con calentamiento.

Para la obtención de los recubrimientos se utilizó el método de inmersión, colocando en la emulsión Uvas *Queen* de aproximadamente 7 g durante 1min; el proceso se repitió 7 veces para formar multicapas, luego se dejó secar a $25 \pm 5^\circ\text{C}$ por 12h. Para proteger los activos soportados en el recubrimiento de la oxidación medioambiental, se formó un segundo recubrimiento con la solución acuosa de hidroximetilcelulosa al 2%.

Evaluación física de los recubrimientos. Los resultados corresponden a la media y la desviación estándar de 10 mediciones. Microfotografías ópticas de las uvas con y sin recubrimiento y su evaluación física a los 0 y 10 días de almacenamiento a $25 \pm 5^\circ\text{C}$ y a una humedad relativa de 5% se presentan en la figura 1.

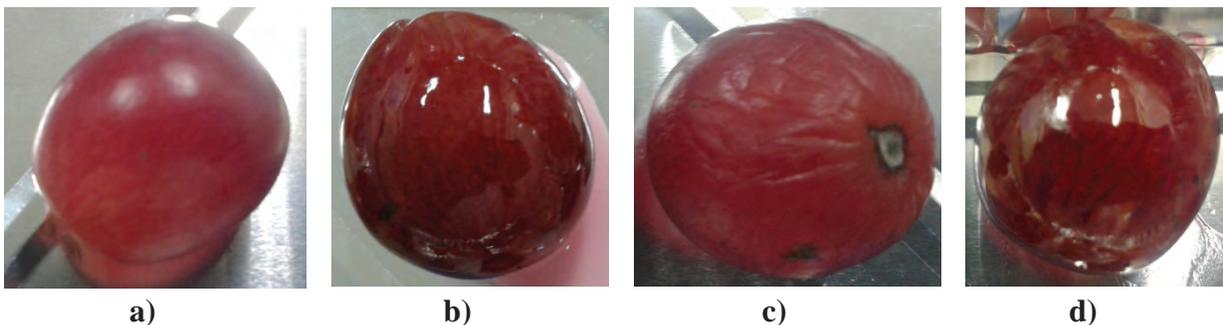


Figura 1. Uvas a) sin recubrimiento, b) con recubrimiento c) evaluación después de 10 días sin recubrimiento y d) evaluación después de 10 días con recubrimiento.

Espesor del recubrimiento. Se determinó por diferencia de peso de las uvas antes y después de su inmersión, adicionalmente los recubrimientos fueron cortados y acondicionados para obtener microfotografías con una cámara digital *Microsoft*® a 320 x 240 píxeles de resolución. El espesor del recubrimiento se obtuvo mediante el tratamiento de las imágenes con el programa *ImageJ*®.

Ensayos mecánicos. Se midió la fuerza de unión superficial colocando los recubrimientos en un *Shimadzu Autograph AG-200A* a una separación de 10mm y a 10mm/min de velocidad.

Permeabilidad al agua. Se midió por el método de difusión, colocando el recubrimiento en contacto entre un medio acuoso y un material desecante a una temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 12h (Escobar *et al.*, 2009).

Capacidad de absorción. Se colocaron las uvas recubiertas en 50 mL de agua destilada por 12h, luego se secaron a $25 \pm 5^\circ\text{C}$ y por gravimetría se obtuvo la cantidad de recubrimiento que se solubilizó en agua.

Ensayos de adherencia. La uniformidad en el recubrimiento se evaluó por inspección visual, con ayuda de microfotografías ópticas (Bustamente *et al.*, 2010).

Evaluación de ácidos grasos y antioxidantes en los recubrimientos. Se evaluó en los recubrimientos la presencia omega 3 y de vitamina E, mediante el ensayo de tocoferoles totales e índice de saponificación de Contreras-Guzman y Strong. (Contreras-Guzmán, E. Strong, F. 1982)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboración de los recubrimientos. Las microfotografías de la Figura 1 muestran la apariencia y conservación al almacenamiento que ofrece el recubrimiento a las uvas.

Evaluación física de los recubrimientos. El recubrimiento comestible obtenido por inmersión presentó: $0,150 \pm 0,010$ mm de espesor, $1,0 \pm 0,5$ Kg-F de resistencia a la ruptura, $5,3 \pm 0,2$ mg/mm²Pa de permeabilidad al agua y $65,4 \pm 1,8\%$ de solubilidad en agua, y aunque el recubrimiento no es uniforme debido a su método de elaboración, presenta una buena adherencia. Adicionalmente en el recubrimiento se evidenció cualitativamente la presencia de ácidos grasos y antioxidantes.

CONCLUSIONES

El recubrimiento comestible obtenido por el método de inmersión, con respecto a lo reportado en la literatura, presentó: alta resistencia a la ruptura, baja permeabilidad y solubilidad al agua, adecuada adsorción y buena adherencia; estas propiedades son deseables cuando las películas se quieren utilizar en contacto con alimentos; además evidenció la presencia de ácidos grasos y

antioxidantes. Los resultados obtenidos en este estudio indican el potencial uso de polímeros biodegradables en alimentos para generar protección, conservación e incorporación de activos como ácidos grasos y antioxidantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Contreras-Guzmán, E. and F.C. Strong .III. 1982. Determination of total tocopherols in grains, grain products, and commercial oils, with slight saponification, and by a new reaction with cupric ion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30(6): 1109–1112.
- Escobar, D., A. Sala, C. Silvera, R. Harispe y R. Márquez. 2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base de proteínas de suero lácteo. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*. INN TEC 4:33-36.
- Figueroa, J., J. Salcedo, Y. Aguas, R. Olivero y G. Narváez. 2011. Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate. *Revista Colombiana de Ciencias Animales* 3(2): 386-400.
- Leal, D., L. García, D. Moronta y J. Mantilla. 2011. Diseño y construcción de un sistema automatizado para la elaboración de películas delgadas, por el método de inmersión. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*. 26 (1): 143–148.
- Neuza, J., D. Moreno y J. Bruna. 2010. Actividad antioxidante, perfil de ácidos grasos y determinación de tocoferoles. *Revista Chilena de Nutrición*. 37 (2): 208-214.
- Rodríguez, E., A. Sandoval, y A. Ayala. 2003. Hidrocoloides naturales de origen vegetal. *Tecnura*. 2 (3): 4-13.

Permeabilidad de Películas Comestibles con Alginato Sódico, Almidón de Yuca y Aceite Esencial de Romero

Permeability of Edible Films with Alginate Sodium, Starch Yucca and Essential Oil Rosemary

L. Carlos Calderón M¹; A Consuelo Díaz M²

1 Universidad Nacional de Colombia- SEDE BOGOTÁ, Facultad de Ingeniería, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). lccalderonm@unal.edu.co

2 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. amcdiazmo@unal.edu.co

Resumen. Las películas comestibles (PC) son útiles para conservar alimentos y preservar sus características organolépticas y microbiológicas, extendiendo su vida útil. Bases hidocoloidales (almidón, proteínas y el alginato de sodio) son materiales convenientes debido a sus características gelificantes, la combinación de estas con lípidos (aceites esenciales) pueden incluir o mejorar características antimicrobianas y el uso de agentes plastificantes permite tener una mayor elasticidad. El espesor y la permeabilidad son parámetros para evaluar características mecánicas relacionadas con la formulación y determinar la pertinencia de su aplicación. Las medidas de espesor fueron llevadas a cabo con un micrómetro (Mitoyoyo $\pm 0,001\text{mm}$) y la permeabilidad fue evaluada bajo la norma ASTM D882-01. El análisis de resultados condujo a la caracterización de una formulación viable en películas alimenticias.

Palabras clave: Hidocoloides, gelificación, plastificantes, permeabilidad, recubrimientos

Abstract. Edible films (EF) are useful for preserving food and preserve their organoleptic and microbiological characteristics, extending its useful life. Hydrocoloidal bases (starch, protein and alginate) are suitable materials due to their gelling characteristics, the combination of these with lipids (essential oils) may include or improve antimicrobial properties and the use of plasticizers allows for greater elasticity. Features such as thickness and permeability are parameters to evaluate mechanical properties related to the formulation and determine the relevance of its application. The thickness measurements are carried out with a micrometer ($\pm 0.001\text{ mm}$ Mitoyoyo) and permeability is assessed under the ASTM D882-01 standard. The analysis of results leads to the characterization of a viable edible films formulation.

Key words: Hydrocolloids, gelling, plasticizers, permeability, coatings.

INTRODUCCIÓN

Combinaciones de hidocoloides y lípidos (Alfonso, 2011) tienen potencial en la industria de PC y son considerados aditivos generalmente reconocidos como seguros (GRAS). Debido al crecimiento de la producción sustentable se busca

utilizar materiales biodegradables, el uso de PC se ha extendido debido al desarrollo de múltiples formulaciones compuestas por biopolímeros (Parzanese, 2009). Gracias a las propiedades coloidales y la capacidad para formar geles y polímeros insolubles al reaccionar con cationes metálicos multivalentes, compuestos como el alginato y los almidones son apropiados para las formulaciones de PC (Tapia *et al.*, 2007). Además de la base gelificante se recomienda adicionar plastificantes como el glicerol que ofrecen una mayor flexibilidad a la PC aumentando el volumen libre y la separación intermolecular, sin embargo el plastificante generalmente aumenta la permeabilidad de la PC por ello debe complementarse con el uso de lípidos y antioxidantes como el aceite esencial de romero (AER) que actúa como barrera contra la humedad y el oxígeno, previniendo reacciones de degradación y oxidación (Tapia *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase experimental 1. Se partió de la formulación propuesta por Flores *et al.*, (2007), posteriormente se disminuyó la concentración de almidón de yuca estableciendo límites de trabajo. Una formulación funcional entre almidón, glicerol y lípido resulta con (2,5; 1,25; 0,3%) respectivamente, brindando una base consistente para la PC (Flores *et al.*, 2007).

Fase experimental 2. Se trabajó con las formulaciones 1c, 2c y 3c (Ver Tabla 1), combinando almidón de yuca y alginato de sodio (favoreciendo la permeabilidad de la PC) con AER y glicerol.

Fase experimental 3. Formulaciones 4c, 5c y 6c (Ver Tabla 1) utilizando alginato de sodio, glicerol y AER. Metodología para elaboración de las películas: 1) Homogenizar la mezcla (agua, glicerol y almidón) en ultraturrax (200 rpm) (IKA® T 18 Basic) durante 15 minutos. 2) Baño termostato ($92 \pm 2^\circ\text{C}$, 0,74 atm) (30min) (gelificación). 3) Enfriar la solución hasta $40 \pm 2^\circ\text{C}$. 4) Adicionar AER (Peb: 45°C). 5) Homogenizar mezcla con AER, ultraturrax (200 rpm) (15 min) (Flores *et al.*, 2007). 6) Desgasificar la mezcla, ultrasonido (15min) (Alfonso, 2011). 7) Servir solución en cajas de Petri (D= 8,5cm) (15-17 g/

caja). 8) Secado, estufa (24 h) ($40 \pm 2^\circ\text{C}$). La metodología trabajada en la fase experimental 3 tiene una gelificación diferente, se debe calentar la mezcla (agua-glicerol) a 45°C y mezclar (ultraturax) (200 rpm) (15min) con el alginato, adicionándolo lentamente para llegar a una solución uniforme, además se debe servir en las cajas de petri de 20-22 g/caja. Las PC se sometieron a pruebas de espesor utilizando un micrómetro y pruebas de permeabilidad (sometidas a una ANOVA y prueba de Tukey, $p \leq 0,5$) según (Tapia *et al.*, 2007) y bajo las recomendaciones de la ASTM D882-01, se emplearon envases de polietileno (3,5*2cm) llenos de agua destilada dejando 1cm entre la superficie del agua y la PC que cubre la boquilla del mismo, estos se llevan al desecador que contiene un solución de CaCl_2 saturada al 15% garantizando que se controle la humedad relativa del medio (33,3%), se debe pesar cada envase por un periodo de tiempo de 6 horas tomando medidas cada hora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El espesor para PC debe estar alrededor de 0,250 mm de acuerdo con la norma ASTM D882-01 (Ver Tabla 1). Solo la formulación 4c cumple con la especificación de la norma esto se debe a la composición de la mezcla. En el caso de la prueba de permeabilidad (Ver Tabla 1) los resultados fueron comparados con la permeabilidad de algunos envases alimenticios comunes como el polietileno, nylon o poliéster (Mora, 2014) ($4\text{E}-5 - 4\text{E}-6 \text{ g/msPa}$) lo cual permite concluir que los valores obtenidos son más bajos de lo esperado, permitiendo conservar mejor la calidad del alimento. Según los parámetros de espesor y permeabilidad la formulación 4c es la más adecuada, influye la concentración de alginato de sodio y la adición de AER, la permeabilidad se encuentra entre las más bajas de los ensayos (Ver Tabla 1), PC con características mecánicas convenientes para desarrollar formulaciones con buenas características de transparencia y elasticidad. Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey con los datos experimentales con un nivel de confianza del 95%, corroborando que las formulaciones fueron estadísticamente diferentes.

Tabla 1. Permeabilidad y espesor de películas comestibles con alginato sódico, almidón de yuca y aceite esencial de romero

Formulación	Alginato (%)	Almidón (%)	Glicerol (%)	AER (%)	Permeabilidad X (\pm SD)(g/msPa)	Esesor X (\pm SD) (mm)		
1c	0,5	2,5	1,25	0,30	$5,21\text{E}-10 \pm 2,97\text{E}-11$	ac	$0,198 \pm 0,009$	bc
2c	0,3	2,5	1,25	0,30	$9,71\text{E}-10 \pm 0,00\text{E}+00$	ac	$0,185 \pm 0,006$	ab
3c	0,1	2,5	1,25	0,30	$6,31\text{E}-10 \pm 1,79\text{E}-10$	abc	$0,192 \pm 0,006$	a
4c	2	0	1,25	0,25	$4,921\text{E}-10 \pm 9,95\text{E}-11$	b	$0,214 \pm 0,015$	c
5c	1,5	0	1,25	0,20	$6,18\text{E}-10 \pm 9,71\text{E}-11$	ac	$0,105 \pm 0,004$	ab
6c	1	0	1,25	0,13	$4,68\text{E}-10 \pm 0,00\text{E}+00$	a	$0,089 \pm 0,012$	a

Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativas ($p < 0,05$). \bar{X} : Promedio, SD: Desviación estándar. AER: Aceite Esencial de Romero

CONCLUSIONES

El aceite esencial de romero (AER) muestra una clara compatibilidad con las bases coloidales (almidón y alginato) y ofrece características antioxidantes y antimicrobianas a la formulación, los niveles de permeabilidad son lo suficientemente bajos para ser considerados como viables en recubrimientos alimenticios, caso de la formulación 4c, es una ventaja en el uso del alginato como único componente de la base coloidal para películas alimenticias.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Uso de biomoléculas en películas comestibles y desarrollo de nuevos productos para la generación de valor y competitividad para la cadena acuícola ejecutado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y financiado por Colciencias y al Programa Nacional de Semilleros de Investigación, Creación e Innovación de la Universidad Nacional de Colombia 2013–2015. Modalidad 1: Proyectos para la introducción en la investigación, creación o innovación.

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso-Arce, C.C. 2011. Caracterización de Películas Comestibles de Quitosano y la afectación de las Propiedades por Aplicación de Aceites Esenciales. Tesis Especialización en Ciencia y tecnología de alimentos. Facultad de Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 15p.
- Flores, S., L. Famá, A.M. Rojas, S. Goyanes. and L. Gerschenson. 2007. Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. *Food Research International*, 40(2): 257–265.
- Mora, I. 2014. Tecnologías de Envase de Ainia. En: Guía Técnica de ainia de envase y embalaje, <http://www.guiaenvase.com>. 3p; consulta: Febrero 2014.
- Norma ASTM D882-01, 2009, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2009, www.astm.org.
- Parzanese, M. 2009. Películas y Recubrimientos Comestibles. p. 6-10. En: Memorias Tecnologías para la Industria Alimentaria. Ministerio de Agricultrade Argentina. Buenos Aires.
- Tapia, M. S., M.A. Rojas-Graü, F.J. Rodríguez, J. Ramírez, A. Carmona and O. Martín-Belloso. 2007. Alginate- and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*, 72(4): E190–6.

Efecto de la Fritura por Inmersión en la Textura de Rodajas de Plátano

Effect of Immersion Frying Texture Sliced Banana

Andrés Chávez Salazar¹; Francisco Castellanos Galeano²; Lorenzo Martínez Hernández³

¹ Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. andres.chavez@ucaldas.edu.co

² Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. francisco.castellanos@ucaldas.edu.co *Autor corresponsal

³ Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Matemáticas. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. lorenzo.martinez_h@ucaldas.edu.co

Resumen. En esta investigación se elaboró el protocolo para el análisis de la textura de rodajas de plátano (**Dominico Hartón**) verde y maduro, a través de un test de punto triple, con la ayuda de un analizador de textura, variando: tipo y velocidad de la sonda, además, distancia entre la separación de la base. Los protocolos obtenidos para cada uno de los estados de maduración fueron diferentes, para snacks de plátano verde se concluyó una sonda en forma de diente de 30 mm de ancho y un ángulo de 60°, velocidad de 20 mm/min y separación de 15 mm y para maduro una sonda en forma cilíndrica de diámetro de 5 mm, terminando en punta con un ángulo de 80°, velocidad 40 mm/min y separación de 20 mm.

Palabras clave: Dominico Hartón, protocolo, test, dureza, maduración, analizador de textura.

Abstract. This research protocol for analyzing texture of sliced green and ripe plantain (**Dominico Harton**) was developed through a triple point test using a texture analyzer varying: type and speed probe, further, distance between the base gap. Protocols obtained for each of the stages of maturity were different, for green plantain snacks a tooth shaped probe of 30 mm wide and an angle of 60°, speed 20 mm / min and separation of 15 mm was concluded; and for ripe plantain a cylindrical shaped probe of 5 mm diameter, ending in tip with a 80° angle, speed 40 mm / min and separation of 20 mm.

Key words: Dominico Harton, protocol, test, hardness, maturation, texture analyzer.

INTRODUCCIÓN

La fritura por inmersión, la cual se define como el proceso de cocinar los alimentos por inmersión en una grasa o aceite comestible por encima del punto de ebullición del agua, lo cual involucra transferencia simultánea de calor y masa. Entre los parámetros de calidad más analizados en esta operación unitaria, está la dureza de las rodajas fritas. Los instrumentos utilizados para el análisis de textura suministran unidades y datos en unidades internacionales, pero estos datos significan muy poco si no se pueden relacionar con una apreciación sensorial (Pino, 2008). En este trabajo de investigación el objetivo es determinar el protocolo

que se debe seguir a la hora de medir la textura en un texturometro, sin llegar a realizar alguna relación con la medición sensorial. En Colombia, el plátano se considera como uno de los cultivos de mayor siembra en los sistemas de economía campesina, el área sembrada en plátano ocupa el segundo lugar dentro de los cultivos permanentes (o de ciclo largo) con un área sembrada de 348,510 Ha lo cual corresponde al 29,8 % del total de área sembrada en este tipo de cultivos. El plátano es el sexto alimento de adecuada disponibilidad en Colombia, representada en Kcal/persona/día, esto dice de la buena disponibilidad de este material alimenticio a nivel nacional. (Rural and International, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

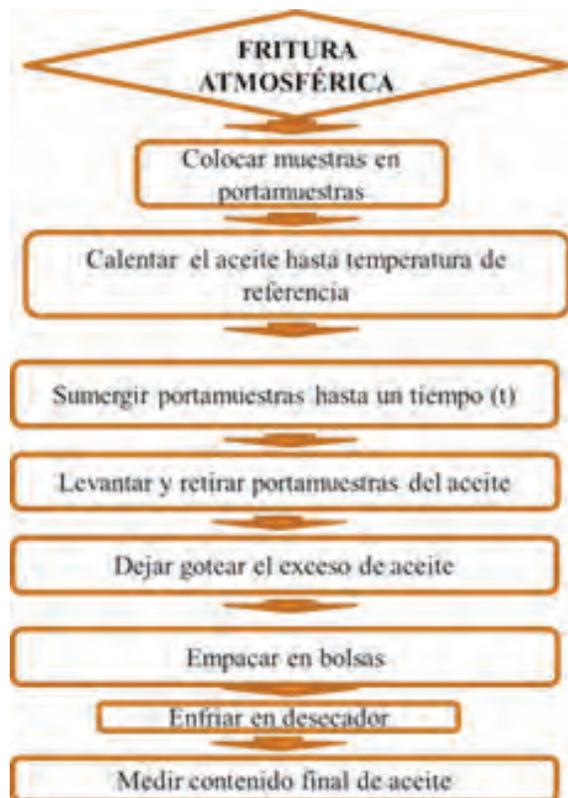


Figura 1. Diagrama de bloques para la descripción del proceso de fritura por inmersión.

Se utilizó plátano variedad Dominico Hartón (AAB) verde y maduro, con un contenido de agua de $58,7 \pm 3,2\%$, además, las muestras fueron de 3 mm de espesor y $2,9 \pm 0,4$ cm de diámetro, la relación plátano-aceite fue de $6,67 \pm 1$ g/L (Da Silva, 2008). La metodología experimental de la fritura por inmersión utilizada se resume en la Figura 1, el aceite que se utilizó para la experimentación, consistió en una mezcla de aceites vegetales refinados. Luego de la fritura, al producto se le eliminó el exceso de aceite superficial con papel absorbente. (Bravo y Sanjuan *et al.*, 2007). Para la determinación del punto de quiebre o dureza de las rodajas de plátano se utilizó un analizador de textura marca SHIDMAZU EZ-S, el cual posee una celda de carga de 500 N, para la determinación del protocolo se usaron como variables, el tipo de sonda, la velocidad de sonda y la separación entre los soporte de base. La sonda 1, fue en forma de diente de 30 mm de ancho y un ángulo de 60° y la sonda 2, tuvo

una forma cilíndrica de diámetro de 5 mm, terminando en punta con un ángulo de 80° ; las velocidades utilizadas fueron de 20; 40 y 60mm/min y por último la separación entre soportes fueron de 11mm; 15 mm y 20 mm.

Las condiciones de proceso fueron: presión atmosférica, temperatura del aceite de $160 \pm 2^\circ\text{C}$ y un tiempo de 180 segundos. Para cada una de las posibles combinaciones de sonda, velocidad y separación, se realizaron 30 mediciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el protocolo, los promedios de los resultados se muestran en la Tabla 1, teniendo en cuenta el tratamiento que menos variación (menor coeficiente de variación) presento tanto para el estado verde como para el maduro, se concluye que: 1) el protocolo para las rodajas fritas de plátano Dominico Hartón (verde) está dirigido por la sonda 1, la velocidad 1y la separación 2 y 2) el protocolo para las rodajas fritas de plátano Dominico Hartón (maduro) está

Tabla 1. Promedios de los resultados, varianza, desviación estándar y coeficientes de variación en plátano verde y maduro, para la selección del protocolo.

DOMINICO HARTON (VERDE)																		
	Sonda 1									Sonda 2								
	Separación 1			Separación 2			Separación 3			Separación 1			Separación 2			Separación 3		
	V1	V2	V3															
Pro (N)	23,6	26,6	23,6	22,2	18,1	17,1	16,5	14,5	14,4	16,0	14,4	14,2	15,9	14,9	14,0	15,2	14,8	14,2
Var	52,4	52,9	32,4	21,3	24,3	20,5	21,6	18,6	18,4	20,3	10,9	19,1	12,8	13,8	15,2	18,8	14,6	12,1
D.est	7,2	7,3	5,7	4,6	4,9	4,5	4,6	4,3	4,3	4,5	3,3	4,4	3,6	3,7	3,9	4,3	3,8	3,5
C.Var (%)	30,6	27,4	24,1	20,8	27,2	26,5	28,1	29,7	29,8	28,1	22,9	30,8	22,5	25,0	27,9	28,5	25,9	24,5
DOMINICO HARTON (MADURO)																		
	Sonda 1									Sonda 2								
	Separación 1			Separación 2			Separación 3			Separación 1			Separación 2			Separación 3		
	V1	V2	V3															
Pro (N)	27,4	28,3	24,9	19,3	19,4	16,0	20,1	14,4	13,2	13,7	11,5	14,5	12,3	11,2	11,4	11,8	11,1	10,0
Var	79,6	61,6	35,7	40,0	31,5	16,4	26,5	14,9	16,1	12,1	7,6	12,0	12,4	9,5	9,4	12,3	6,0	9,5
D.est	8,9	7,8	6,0	6,3	5,6	4,1	5,1	3,9	4,0	3,5	2,8	3,5	3,5	3,1	3,1	3,5	2,4	3,1
C.Var (%)	32,6	27,7	24,0	32,8	29,0	25,3	25,6	26,9	30,5	25,4	23,9	24,0	28,7	27,6	26,9	29,8	22,0	30,8

Var: Varianza; D.est: Desviación estándar; Pro (N): promedio (Newton); C.Var: Coeficiente de variación.

dirigido por la sonda 2, la velocidad 2 y una separación 3.

CONCLUSIONES

Los protocolos de medición de dureza de snacks de plátano descritos en este artículo, son propios para las variedades y estados de madurez objetivos de este estudio, sirviendo como base o punto de partida para posteriores investigaciones en matrices similares al plátano.

El estado de madurez de la materia prima (plátano) influye en el análisis de textura de las rodajas fritas, debido que a medida que la fruta madura, los grados brix aumentan gracias a la hidrólisis de almidones y disacáridos, además de la síntesis de monosacáridos, alterando así, la estructura de la matriz como tal.

Este trabajo sirve como base para posteriores investigaciones sobre la relación del análisis de textura sensorial e instrumental, para la misma matriz analizada (plátano).

BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, J. y N. Sanjuan, *et al.* 2007. Diseño de un equipo de laboratorio para fritura al vacío. Alimentos Ciencia e Ingeniería 16:3.
- Da Silva, P. y R. Moreira. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. Food Science and Technology. 41(10): 1758-1767
- Pino, Y. (2008). Caracterización de la textura sensorial e instrumental del camarón de cultivo *Litopenaus vannamei* en la camaronera de Tunas de Zasa. Tesis de Master en ciencia y tecnología de los alimentos. Instituto de farmacia y alimentos. Universidad de la Habana. Ciudad de la Habana: 73.

Efectos del 1-Metilciclopropeno, Antioxidantes y Calcio en la Calidad de Mango Tommy Atkins Mínimamente Procesado

Effect of 1-Methylcyclopropene, Antioxidant and Calcium in the Fresh-Cut Tommy Atkins Mango Quality

Saul Dussán-Sarria¹; Ana Milena Gutiérrez-Teran²; Dayron Enrique Gutiérrez-Cifuentes³; Luis Eduardo Ordoñez-Santos⁴.

1,2,3,4 Fac. de Ingeniería, Depto. Ingeniería y Administración, Univ. Nacional de Colombia. Sede Palmira. A.A. 237. Palmira, Valle del Cauca-Colombia. (e-mail: sdussan@unal.edu.co; amgutierrez@unal.edu.co; daegutierrez@unal.edu.co; leordonez@unal.edu.co).

Resumen. En este trabajo fue analizado el efecto de bloqueador de maduración, antioxidantes y retenedor de firmeza durante el almacenamiento refrigerado de mango mínimamente procesado. A trozos de mango se les aplicó 1-MCP, ácido ascórbico, L-Cisteína y calcio, empacados 150 g en PET y almacenados (5°C, 80-90%HR) durante 24 días. Se evaluaron 9 en delineamiento completamente al azar y analizados el pH, AT, SS, Vit. C, calidad microbiológica y sensorial. Las mejores condiciones agroindustriales para mango mínimamente procesado fueron: T2 (1-MCP 600 µg/L⁻¹, ácido ascórbico 1%, 3% CaCl₂) y T7 (1-MCP 900 µg/L⁻¹, ácido ascórbico 1%, CaCl₂ 1%). Existe un efecto sinérgico entre el 1-MCP y el Ca, con bajas concentraciones de 1-MCP y altas de Ca el efecto fue similar que con altas concentraciones de 1-MCP y bajas de Ca.

Palabras clave: *Mangifera indica*, cisteína, ácido ascórbico, mínimamente procesado.

Abstract. In this work the effect of maturation blocker, antioxidants and firmness during refrigerated storage of minimally processed mango was analyzed. 1-MCP, ascorbic acid, L-cysteine and calcium were applied to mango pieces packaged 150 g in PET and stored at 5°C and 80-90% RH for 24 days. Nine treatments were evaluated in completely randomized design and values of pH, TA, SS, Vit. C, microbiological and sensory qualities were analyzed. The suitable agroindustrial conditions to fresh-cut mango were the treatments T2 (1-MCP 600 µg/L⁻¹, ascorbic acid 1%, 3% CaCl₂) and T7 (1-MCP 900 µg/L⁻¹, ascorbic acid 1%, CaCl₂ 1%). There is a synergistic effect between 1-MCP and Ca, low concentrations of 1-MCP and high of Ca were similar than high concentrations of 1-MCP and low of Ca.

Key words: *Mangifera indica*, cysteine, ascorbic acid, fresh-cut.

INTRODUCCIÓN

El mango es un fruto tropical de buena aceptación en el mundo. La literatura no reporta trabajos de métodos combinados de conservación de mango mínimamente procesado (MP) 'Tommy Atkins' utilizando los agentes evaluados en este trabajo. Vilas-Boas *et al.*,

(2004) aplicaron 1-MCP a rodajas de mango 'Ken' y 'Kensington'. González-Aguilar *et al.*, (2008) aplicaron cloruro de calcio, antioxidantes y recubrimientos comestibles en mangos 'Keitt', 'Kent' y 'Ataulfo'. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del 1-MCP, antioxidantes y calcio en los atributos de calidad: físico-químicos, sensoriales y recuento microbiano durante la conservación de mango 'Tommy Atkins' MP.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Se utilizaron mangos 'Tommy Atkins' seleccionados, clasificados en estado de madurez 2 (ICONTEC, 2003). Los frutos fueron procesados y obtenidos trozos (8cm x2cm x 2cm), los cuales fueron sumergidos en solución de hipoclorito de sodio a 10 ppm durante 1 minuto. Posteriormente a los trozos de fruta se le aplicaron los tratamientos descritos en la Tabla 1 y acondicionados 150 g de producto en cajas de PET, almacenados a 5°C, HR 80-90% y evaluados durante 24 días.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado.

Tratamiento	1-MCP (ppb)	Antioxidante	% CaCl ₂
T1	600	ascórbico 1%	1
T2	600	ascórbico 1%	3
T3	600	L-Cisteína 0,55%	3
T4	600	L-Cisteína 0,55%	1
T5	900	L-Cisteína 0,55%	3
T6	900	L-Cisteína 0,55%	1
T7	900	ascórbico 1%	1
T8	900	ascórbico 1%	3
T9 Testigo	-----	-----	-----

Determinación de atributos fisicoquímicos. Los valores de pH se determinaron según norma ICONTEC NTC 4592 (1999a), Acidez Titulable según NTC 4623 (1999b), sólidos solubles según NTC 4624 (1999c) y los valores de vitamina C según lo descrito por Ordoñez-Santos y Vásquez-Riascos, (2010).

Análisis sensorial. Se utilizó una escala hedónica de 5 grados y 30 jurados no entrenados los cuales evaluaron cambios de apariencia externa y sabor de acuerdo en la escala de notas: 5 me gusta mucho, 4 me gusta, 3 ni me gusta ni me disgusta, 2 me gusta poco, 1 no me gusta. Los cortes se consideraron sensorialmente aceptables con nota mínimo de 3.

Recuento microbiano. Se realizó al inicio y al final del almacenamiento según metodología del INVIMA (1998). Se siguió el diseño completamente al azar en esquema factorial 2x2x2 para un total de 9 tratamientos incluyendo el control. Se realizó ANOVA y comparación entre medias a través de la prueba rango múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$). Se datos se utilizó el software JMP 9.0 (SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los tratamientos los valores de pH del mango MP fueron descendentes y los valores de acidez titulable

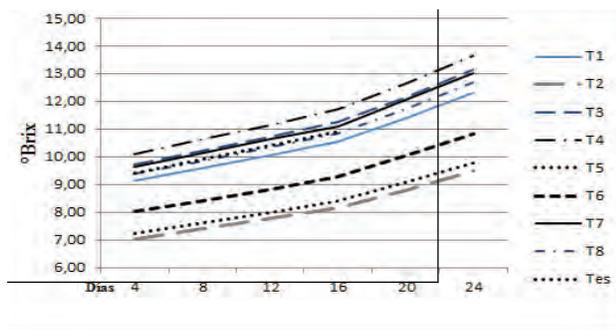


Figura 1. Valores de Sólidos Solubles de mango MP durante los 24 días de almacenamiento refrigerado.

La aplicación de 1-MCP, ácido ascórbico y calcio favoreció la aceptación sensorial del mango MP, siendo los tratamientos T2 y T7 los que proporcionaron en todo el almacenamiento, la mejor condición, con una nota sensorial promedio de 4,3. El tratamiento control o testigo proporcionó la menores notas sensoriales en la experimentación.

fueron ascendentes, mostrando una relación directa, durante el almacenamiento refrigerado. Los tratamientos T2 y T7 presentaron los menores valores promedios de pH, 3,15 y 3,19 y de AT de 0,49% y 0,50 respectivamente. Los menores valores de pH y mayores contenidos de acidez en un alimento, contribuyen a su estabilidad. Siddiq *et al.*, (2013) y Torres- León, (2012) encontraron tendencias similares en mango cortado en cubos.

En todos los tratamientos los valores de sólidos solubles del mango MP fueron ascendentes durante todo el almacenamiento. Al final del almacenamiento los tratamientos T4 y T3 presentaron los mayores valores promedios, 11,4 °Brix y 11,0 °Brix respectivamente. El tratamiento T2 fue el que exhibió menores valores promedio con un valor de 7,9 °Brix. Menores valores de SS indican menor proceso de maduración (Figura 1).

Todos los tratamientos mostraron mayores contenidos de vitamina C que el testigo durante el almacenamiento refrigerado. Al final del almacenamiento el tratamiento con mayor valor de Vitamina C fue el T3 con 44,17 mg/100g y el de menor valor fue T2 con 22,69 mg/100g. El tratamiento T2 obtuvo mayor contenido de ácido cítrico (acidez titulable) y el menor valor de ácido ascórbico (vitamina C) (Figura 2).

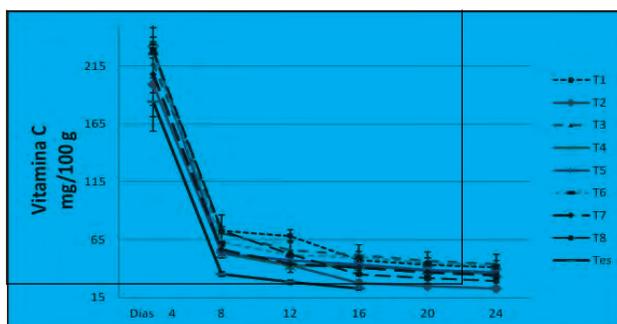


Figura 2. Valores de contenido de vitamina C de mango MP durante los 24 días de almacenamiento refrigerado.

La calidad microbiológica del mango `Tommy Atkins´ MP indica que en todos los tratamientos el mango MP presentó inocuidad, es decir, todos los valores de recuento de microorganismos estuvieron por debajo de los tolerables según Res. 7992 de 1991 (Ministerio de Salud, 1991). No se evidenció presencia de *E. coli* y *Clostridium sp.* Determinación. Se observó un ligero aumento en

población de mesófilos y levaduras, pero muy por debajo de los límites tolerables.

CONCLUSIONES

La mejor condición agroindustrial para mango `Tommy Atkins` mínimamente procesado almacenado a 5°C, HR 80-90%, por 24 días, se consiguió en los tratamientos T2 (1-MCP 600 µg/L⁻¹, ácido ascórbico 1%, 3% CaCl₂) y T7 (1-MCP 900 µg/L⁻¹, ácido ascórbico 1%, 1% CaCl₂), encontrándose un efecto sinérgico entre el 1-MCP y el Calcio dado que en presencia de bajas concentraciones de 1-MCP y altas concentraciones de Calcio se obtuvo un efecto similar al obtenido en concentraciones altas de 1-MCP y baja concentración de Calcio.

BIBLIOGRAFÍA

- González, G.A., J. Celis, R.R. Sotelo-Mundo, L.A. De la Rosa, J. Rodrigo-García, E. Alvarea. 2008. Physiological and biochemical changes of different fresh cut mango cultivars stored at 5°C. *International Journal of Food Science & Technology* 43 (1): 91-101.
- ICONTEC 1999a. NTC 4592. Productos frutas y verduras determinación de pH.
- ICONTEC 1999a. NTC 4592. Productos frutas y verduras determinación de la acidez titulable.
- ICONTEC 1999c. NTC 4624. Jugo de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractométrico.
- ICONTEC 2003. NTC 5210. Frutas frescas. Mango variedades mejoradas. Especificaciones
- INVIMA. 1998. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Santa Fé de Bogotá: Ministerio de Salud: 88-96.
- Ordoñez, L.E., A. Vásquez, 2010. Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 60(3): 237-243.
- Siddiq, M., D.S. Sogi, K.D. Dolan. 2013. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh cut "Tommy Atkins" mangoes as affected by different pre-treatments. *Food Science and Technology* 53(1): 156-162.
- Torres-León, C. 2012. Manejo agroindustrial y almacenamiento refrigerado de Mango "Tommy Atkins" mínimamente procesado con y sin recubrimiento comestible. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Vilas Boas, B.M., E.E. Nunes, F.V. Fiorini, L. Lima, E.V. Vilas Boas, A.H. Coelho. 2004. Avaliação da qualidade de mangas "Tommy Atkins" mínimamente processadas. *Rev. Bras. Frutic*, 26(1): 540-543.

Modelos de Secado de Gota Individual en el Secado por aspersión

Droplet Drying Models in Spray Drying

Vanessa González-Torres¹; Alfonso Cubillos-Varela²; Claudia Ochoa-Martínez¹; Alejandro Fernández-Quintero¹ y Alexander Gómez-Mejía²

¹ Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Calle 13 No 100-00. Cali, Colombia. vanessa.gonzalez.torres@correounivalle.edu.co, claudia.ochoa@correounivalle.edu.co, alejandros.fernandez@correounivalle.edu.co

² Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Cra 30 No. 45-03. Bogotá, Colombia. acubillosv@unal.edu.co, agomez@unal.edu.co

Resumen. En este trabajo se presenta una descripción de algunos de los modelos de secado de gotas individuales utilizadas en el análisis del proceso de secado por aspersión. Se presentan los conceptos fundamentales y las aproximaciones de los modelos utilizados en la simulación del proceso. Estos modelos sirven como base para el análisis de los fenómenos presentes en el secado por aspersión, contribuyendo al mejoramiento del proceso y del producto seco.

Palabras clave: Fenómenos de transporte, parámetros cinéticos de secado.

Abstract. In this work some models descriptions of individual drying drops used in the analysis for spray drying process is presented. The fundamental concepts and approaches of models used in the process simulation are exposed. These models serve as basis for analysis of phenomena present in the spray drying, contributing to the improvement of the process and the dry product.

Keywords: Transport phenomena, drying kinetic parameters.

INTRODUCCIÓN

El secado por aspersión es una operación básica ampliamente usada para la conservación de los alimentos, sin embargo la comprensión fundamental del mecanismo de evaporación de las gotas dentro de la cámara de secado sigue siendo de gran interés, ya que en esta etapa las gotas sufren transformaciones fisicoquímicas que tienen efecto en la calidad del material resultante. Cuantificar y modelar la influencia que ejerce cada variable de secado sobre las gotas atomizadas en el secador es de gran importancia para controlar y predecir las características del producto final.

Varios modelos de secado de las gotas individuales se han propuesto en la literatura (Woo *et al.*, 2008; Langrish y Kockel, 2001; Fu *et al.*, 2011; Lin y Chen, 2005). Además de los modelos empíricos, los modelos de secado generalmente se pueden dividir en dos grupos: los modelos de difusión y los modelos de parámetros concentrados. El objetivo de este trabajo es presentar los modelos que han sido propuestos para estudiar las cinéticas de secado de gotas y que se pueden utilizar para simular el secado por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método para el análisis de los modelos consistió en, 1) describir las variables más importantes en los modelos, 2) describir cualitativamente presentar los modelos para el estudio de la cinética de secado de una gota, 3) presentar una breve revisión de las aplicaciones de los modelos matemáticos en alimentos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las variables de secado. Para estudiar el modelado de las cinéticas de secado, se deben tener en cuenta los parámetros cinéticos esenciales tales como la humedad, la conductividad térmica y el calor específico tanto de la gota como del medio de secado, con el fin de predecir de la tasa de secado y el perfil de temperatura de la gota (Woo *et al.*, 2008). Estos parámetros se pueden determinar usando la técnica de una gota suspendida en un filamento de vidrio, que es adecuada para medir los cambios en la masa, temperatura, forma y tamaño de la gota. Los resultados más importantes para cualquier modelo de cinética de secado son la temperatura y el contenido de humedad de la gota y el balance de energía para la implementación del modelo de secado (Langrish y Kockel, 2001).

Modelos de cinética de secado. Los enfoques empleados para los modelos de cinéticas de secado han sido modelos de difusión y modelos de parámetros concentrados:

Modelos de difusión: tienen en cuenta en detalle los fenómenos presentados durante el secado de la gota/partícula. Este modelo describe el proceso usando simultáneamente ecuaciones de continuidad, momento, y conservación de la materia y energía. La solución de este conjunto de ecuaciones requiere evaluar un dominio que va cambiando, debido a la reducción del diámetro de la gota en la primera etapa del secado (Woo *et al.*, 2008).

Modelos de parámetros concentrados: consideran la totalidad de los parámetros de la gota, sin tener en cuenta el gradiente de difusión. Estos modelos sólo requieren resolver ecuaciones algebraicas, resultando en un menor esfuerzo computacional. Los modelos de parámetros concentrados más utilizados son:

Curva característica de secado - CDC: la primera etapa de secado (velocidad constante) se simplifica por la analogía con la evaporación de una gota de líquido puro. La velocidad del periodo decreciente de secado se determina con la velocidad de secado al final de la primera etapa multiplicada por una función que depende del contenido de la humedad real, la humedad crítica y la humedad de equilibrio. La forma funcional de esta dependencia y el contenido de humedad crítica se ajustan a partir de una curva experimental de secado.

Enfoque de ingeniería de reacción – REA: este modelo ha permitido obtener una buena coincidencia con datos experimentales, cálculos rápidos y menor demanda de recursos computacionales (Woo *et al.*, 2008, Fu *et al.*, 2011). Sin embargo, la aplicación de REA para modelar la dinámica de secado de la gota está limitada a los materiales que hasta el momento han sido estudiados experimentalmente. La razón es que el enfoque REA utiliza una correlación empírica entre la densidad parcial de vapor sobre la superficie y el contenido medio de humedad de la gota. Esta correlación empírica puede determinarse experimentalmente para cada material cuyo comportamiento de secado se modela con diferentes contenidos de humedad.

Aplicación de los modelos matemáticos. Los modelos de difusión son los más tradicionales y se han aplicado a todo tipo de materiales mientras que los modelos CDC y REA, siendo más recientes, se han empleado principalmente para el modelado del secado de productos de la industria alimentaria.

En los trabajos realizados en cinéticas de secado de gotas en alimentos, Woo *et al.*, (2008) compararon los modelos de CDC y REA con datos experimentales de trabajos anteriores (Adhikari *et al.*, 2004) en las cinéticas de gotas de carbohidratos. Estos autores concluyeron que el modelo REA predice la reducción progresiva de la tasa de secado mejor que el modelo CDC y que el modelo de REA puede ser usado para simular en CFD (dinámica de fluidos computacional) la humedad de la superficie de las partículas que pueden afectar el proceso de aglomeración.

Langrish y Kockel, (2001) aplicaron el modelo CDC para partículas muy pequeñas de leche en polvo. Los autores sugieren que para la aplicación del modelo CDC se debe suponer previamente la humedad crítica de las partículas que exhiben un mínimo período de velocidad de secado constante; los autores además asumieron la humedad inicial como la humedad crítica. De igual forma, para leche en polvo, Lin y Chen, (2005) proponen que para la aplicación del modelo de REA se requiere asumir características del encogimiento de las partículas.

Fu *et al.*, (2011) evaluaron el secado de gotas de lactosa por el método de una gota suspendida en un filamento de vidrio. Estos autores confirman la aplicabilidad de REA en el fenómeno de formación de la corteza que ocurre durante la cinética de secado. Adicionalmente analizaron que las cinéticas con el modelo REA que utiliza una curva de energía de activación específica del material son aplicable al secado de gotas de diferentes tamaños. Se pudo predecir con precisión las diferentes humedades y temperaturas para diferentes tamaños de gota.

CONCLUSIONES

Los modelos de secado de parámetros concentrados han sido los más utilizados para modelar el proceso de secado por aspersión. Esto debido a su sencillez, que facilita la implementación en modelos más complejos. Aun así

ofreciendo adecuada relación con trabajos experimentales, estos modelos requieren un proceso experimental que limita su aplicación únicamente a materiales conocidos. Contando con los experimentos adecuados, como el secador por filamento de vidrio, se pueden ajustar los datos experimentales a los modelos descritos.

AGRADECIMIENTOS

A “el patrimonio autónomo fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas” por la financiación del proyecto “experimentación, modelación y simulación del proceso de secado por aspersión de jugos de frutas”.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, B., T. Howes, B. Bhandari and V. Troung. 2004. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*. 62(1): 53–68.
- Fu, N., M. Woo, S. Lin, Z. Zhou and X. Chen. 2011. Reaction Engineering Approach (REA) to model the drying kinetics of droplets with different initial sizes -experiments and analyses. *Chemical Engineering Science*. 66(8): 1738–1747.
- Langrish, T. and T. Kockel. 2001. The assessment of a characteristic drying curve for milk powder for use in computational fluid dynamics modeling. *Chemical Engineering Journal* 84(1): 69–74.
- Lin, S.X.Q. and X.D. Chen. 2005. Prediction of air-drying of milk droplet under relatively high humidity using the Reaction Engineering Approach. *Drying Technology*. 23(7): 1395–1406.
- Woo, M.W., W. Daud, A. Mujumdar, M. Talib, W. Hua, and S. Tasirin. 2008. Comparative study of droplet drying models for CFD modelling. *Chemical Engineering Research and Design*. 86(9): 1038–1048.

Perfil de Textura de Barra de Asaí y Copoazu con Hidrocoloides

Profile Fruit ar Texture Acaí and Copoazu Including Hydrocolloids

Pamela Elizabeth Vallejo Figueroa¹; Maria Soledad Hernández²; Mary Lares³

1 Nutricionista Dietista, Maestría Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias– Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. pevallejof@unal.edu.co

2 Ph.D. Docente Titular Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Grupo de Investigación Frutales Promisorios de la Amazonía. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas Sinchi Coordinadora Programa Sostenibilidad e Intervención mshernandez@unal.edu.co

3 Dra. Docente Asociada Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela. marylares@hotmail.com

Resumen: Se evaluó el perfil instrumental de textura de barras de asaí-copoazu en proporciones de las frutas que variaron progresivamente, bajo un diseño experimental con 15 tratamientos, incluyendo diferentes hidrocoloides: goma guar, pectina lenta, goma arábica, goma tara y goma xantana. Las variables de respuesta fueron: dureza, adhesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad. Las mejores barras se obtuvieron con goma guar y asaí al 50% y copoazu al 50%. Si se usa goma xantana y asaí al 30% la gomosidad mejora en el producto.

Palabras clave: TPA, gomas, amazonia, frutos exóticos, lamina de fruta

Abstract: The instrumental texture profile of asaí-copoazu bars in fruit ratios varied progressively under an experimental design with 15 treatments including various hydrocolloids as guar gum, slow pectin, gum arabic, tara gum and xanthan gum, was evaluated. The response variables were: hardness, adhesiveness, gumminess, springiness and chewiness. Best bars were made with guar gum and 50% asaí and copoazu 50%. Gumminess improves the product if xanthan gum and 30% asaí are used.

Key words: TPA, gums, Amazon, exotic fruit, fruit slice

INTRODUCCIÓN

La barra de fruta es un producto elaborado a partir de la pulpa de con un proceso de secado, que permite obtener una barra suave y masticable, la cual tiene la propiedad de concentrar propiedades como el sabor, aroma y nutrientes como vitaminas y minerales (Sharma *et al.*, 2011). El proceso de secado disminuye el agua libre de las frutas, proporcionando una mayor vida útil hasta por 24 meses. El Asaí *Euterpe precatoria* es fruto de palma proveniente de la región Amazónica Colombiana, su producción e investigación ha sido incipiente pero se conoce que tiene compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes superiores al Asaí *Euterpe oleracea* (Kang *et al.*, 2012), esta especie (*Oleracea*) se conoce en el mundo por sus altos niveles

de antocianinas y carotenoides, las cuales conllevan a beneficios para la salud (Da Costa *et al.*, 2012), por tanto el *precatória* es un fruto promisorio que requiere una mayor investigación y aprovechamiento del fruto de la especie *precatória* para generar cadenas de valor agregado con miras a la sostenibilidad. La textura en las barras de fruta es el atributo de mayor relevancia para el consumidor y para la evaluación de calidad en general. La incorporación de hidrocoloides tiene como fin mejorar la gelificación y la textura. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los hidrocoloides en el desarrollo de la barra de fruta de asaí con copoazú, a través del análisis de perfil de textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se utilizó pulpa de Asaí y pulpa de Copoazu provenientes de Guaviare. Hidrocoloides en concentración de 1,5% para: guar, xantana, arábica, pectina lenta y tara. Y jarabe de maíz en un 10%.

Elaboración de la barra. Se realizó con el método reportado por (Ashaye *et al.*, 2005). La mezcla se esparció en bandejas en capas aproximadamente de 7 mm de espesor para el secado a 60°C durante 12 horas.

Diseño experimental. Las muestras se distribuyeron en un ensayo completamente aleatorizado con 2 factores, el primer factor (proporción de frutas) con 3 niveles: 30%, 50% y 70% y el segundo (hidrocoloides) con 5 niveles, para un total de 15 tratamientos.

Análisis de perfil de textura. Se empleó el Texturometro TA-X T2i Stable Micro Systems, para realizar una doble compresión a una velocidad de 10 mm/s y un tiempo de espera de 5s entre las compresiones con la sonda P/75.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza y para aquellos tratamientos que resultaron diferentes se realizó una prueba de Dunett con un nivel de significación del 5% a las variables de respuesta a evaluar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra los resultados del perfil de textura de los 15 tratamientos, así como los resultados del control, el cual es tomado de una barra de fruta comercial de la mezcla de Asaí y banano.

Dureza. De los 15 tratamientos se observa que la barra que más se acerca a la dureza de las barras comerciales es el tratamiento de 50% Asaí con la goma guar, lo cual se explica en la capacidad gelificante y estabilizante del hidrocoloide. Este mismo resultado se encontró en la lámina de fruta de mango, en la cual se evaluó el efecto de los hidrocoloides en su elaboración, encontrando una mayor dureza con la goma guar, seguida de pectina y de goma arábica (Gujral y Brar, 2003). Se puede observar un valor muy pequeño de dureza en el tratamiento de goma arábica al 70%, esto puede deberse a que la goma arábica, está compuesto por β -galactopiranosas, ácido metil glucónico y 2% de proteína, esta molécula hace que su comportamiento sea diferente ya que posee un parte polar y no polar, lo cual le provee un poder emulsificante pero no gelificante. (Dickinson, 2003).

Adhesividad. De los 15 tratamientos el más adhesivo fue en el que se usó la goma xantana al 50%, seguido de la goma tara al 50%, los menos adhesivos resultaron la pectina al 50% y al

70%. Esto indica que la goma xantana tiene gran capacidad de adherir las moléculas. Se encontró que la pectina puede ser usada para desarrollar láminas de frutas, encontrando un mejor resultado para este tipo de productos, esto se puede relacionar con diferentes estudios: lámina de fruta de pera (Huang y Hsieh, 2005), y piña (Phimpharian *et al.*, 2011). Los mejores resultados frente a la cercanía con el control se puede ver que resultaron los tratamientos 13 y 14, esto puede deberse a la gran capacidad emulsificante que tiene esta goma, y se refleja en adherir de manera fuerte las moléculas de grasa del asaí y las moléculas hidrofílicas del copoazu y la cantidad de agua libre restante en la barra.

Gomosidad. En cuanto a este atributo no se encontró una relación lineal directa entre la gomosidad y el porcentaje de Asaí, esto indica que la gomosidad no está relacionada directamente con los sólidos solubles o el nivel de grasa o composición de las pulpas para obtener la barra. Se encontró una mayor cercanía con el control con los tratamientos T7 y T6 respectivamente, que corresponden a la inclusión de goma xantana al 30% y pectina lenta al 70%. Lo cual significa que estos dos tratamientos tienen un resultado de gomosidad deseable en las barras de frutas, resultado de la alta viscosidad que provee la goma xantana y el alto poder gelificante de la pectina lenta.

Tabla 1. Resultados del perfil de textura de los 15 tratamientos

Tratamientos	Dureza kg m ² s ⁻²	Adhesividad kg m ² s ⁻²	Gomosidad Kg ms ⁻²	Elasticidad (adimensional)	Masticabilidad Kg
Control	56,46 ± 3,13	-1,09 ± 0,21	27,02 ± 2,03	0,99 ± 0,007	26,77 ± 1,88
1Guar Asaí 30%	40,21 ± 5,13*	-1,14 ± 0,40	31,60 ± 5,88	0,95 ± 0,018	30,20 ± 6,11
2Guar Asaí 50%	41,05 ± 4,86*	-0,84 ± 0,11	30,09 ± 3,97	0,95 ± 0,004	28,69 ± 3,70
3Guar Asaí 70%	22,29 ± 2,70*	-0,61 ± 0,04	14,00 ± 2,33*	0,91 ± 0,047	12,73 ± 2,40*
4Pectina Asaí 30%	40,43 ± 4,71*	-0,61 ± 0,09	32,81 ± 3,39	0,98 ± 0,011	32,15 ± 3,12
5Pectina Asaí 50%	15,52 ± 2,88*	-0,02 ± 0,00	14,31 ± 2,79*	1,01 ± 0,045	14,61 ± 3,43*
6Pectina Asaí 70%	32,89 ± 9,50*	-0,18 ± 0,01	28,23 ± 8,14	0,92 ± 0,077	25,78 ± 7,55
7Xantana Asaí 30%	37,66 ± 5,00*	-1,00 ± 0,11	27,40 ± 2,82	0,98 ± 0,007	26,71 ± 2,73
8Xantana Asaí 50%	33,15 ± 4,10*	-3,46 ± 1,87*	31,15 ± 4,07	0,92 ± 0,022	28,49 ± 3,20
9Xantana Asaí 70%	31,75 ± 3,62*	-0,73 ± 0,09	19,17 ± 4,01	0,91 ± 0,055	17,59 ± 4,35*
10Tara Asaí 30%	36,75 ± 3,52*	-1,19 ± 0,25	32,27 ± 3,24	0,95 ± 0,012	30,55 ± 3,06
11Tara Asaí 50%	37,98 ± 2,87*	-1,27 ± 0,64	34,21 ± 3,05	0,93 ± 0,012	31,67 ± 2,67
12Tara Asaí 70%	25,62 ± 3,42*	-0,43 ± 0,15	18,11 ± 3,45	0,94 ± 0,056	17,15 ± 4,03*
13Arábica Asaí 30%	21,54 ± 2,50*	-1,08 ± 0,21	11,85 ± 1,87*	0,92 ± 0,090	11,02 ± 2,34*
14Arábica Asaí 50%	29,46 ± 1,96*	-1,09 ± 0,18	19,17 ± 1,22	0,97 ± 0,009	18,67 ± 1,24
15Arábica Asaí 70%	7,34 ± 3,60*	-0,27 ± 0,14	5,09 ± 2,46*	0,99 ± 0,004	5,05 ± 2,43*

*Diferencia significativa $\alpha < 0,05$

CONCLUSIONES

El estudio refleja que los hidrocoloides afectan de manera importante la textura de la barra de fruta de mezcla de Asaí y Copoazú. Se pudo observar que a medida que se aumenta la proporción de Asaí, disminuye las propiedades de dureza y adhesividad, lo cual puede deberse al bajo contenido de sólidos presentes en la pulpa, en comparación con los presentes en la pulpa de copoazu. Por otra parte se encontraron mejores resultados en las proporciones goma xantana asaí al 30%, goma guar asaí al 50% y pectina lenta asaí al 70%.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashaye, O., S.O. Babalola, A.O. Babalola, J.O. Aina, and S.B. Fasoyiro. 2005. "Chemical and Organoleptic Characterization of Pawpaw and Guava Leathers." *World Journal of Agricultural Sciences* 1 (1):50-51.
- Da Costa, C. A., P.R. de Oliveira, G. F. de Bem, L. C. de Cavalho, D. T. Ognibene, A. F. da Silva, S. Dos Santos Valença, K. M. Pires, P.J. da Cunha Sousa, R. S. de Moura, and A. C. Resende. 2012. "Euterpe oleracea Mart.-derived polyphenols prevent endothelial dysfunction and vascular structural changes in renovascular hypertensive rats: role of oxidative stress." *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* 385 (12):1199-209.
- Dickinson, E. 2003. "Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems." *Food Hydrocolloids* 17 (1):25-39.
- Gujral, H. S., and S. S. Brar. 2003. "Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather." *International Journal of Food Properties* 6 (2):269-279.
- Huang, X., and F. H. Hsieh. 2005. "Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather." *Journal of Food Science* 70 (3):E177-E186.
- Kang, J., K. M. Thakali, C. Xie, M. Kondo, Y. Tong, B. Ou, G. Jensen, M. B. Medina, A. G. Schauss, and X. Wu. 2012. "Bioactivities of açai (Euterpe precatoria Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to Euterpe oleracea Mart." *Food Chemistry* 133 (3):671-677.
- Phimpharian, C., A. Jangchud, K. Jangchud, N. Therdthai, W. Prinyawiwatkul, and H. K. No. 2011. "Physicochemical characteristics and sensory optimisation of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations." *International Journal of Food Science and Technology* 46 (5):972-981.
- Sharma, S. K., S. P. Chaudhary, V. K. Rao, V. K. Yadav, and T. S. Bisht. 2011. "Standardization of technology for preparation and storage of wild apricot fruit bar." *Journal of Food Science and Technology*:1-7.

Condiciones de Utilización del Estevióside en la Elaboración de Néctar de Guayaba Dulce

Utilization Conditions of Stevioside in Manufacturing Sweet Guajaba Juice

Claudia Denise de Paula¹; Mónica María Simanca Sotelo²; Yenis Ibeth Pastrana Puche³

1, 2 y 3 Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Alimentos- Sede de Berástegui. Km 12 Vía Cerete – Ciénaga de Oro.

1 cdepaula@correo.unicordoba.edu.co 2 mmsimanca@correo.unicordoba.edu.co y 3 yipastrana@correo.unicordoba.edu.co

Resumen. En la investigación realizada se efectuaron 3 formulaciones de néctar de guayaba dulce edulcoradas con stevia, utilizando para esto una pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de la variedad extranjero en un estado de madurez del 60% a esta pulpa se le realizaron análisis proximal (p), fisicoquímico (fq) y microbiológico (m), con el fin de determinar sus características y verificar como influyen estas en la calidad del producto final. La variación de las formulaciones se presentó reemplazando el edulcorante sacarosa por stevia en tres concentraciones diferentes para el néctar. De las formulaciones se seleccionó una, con base en la semejanza de las características sensoriales (s), fq y m con el producto tomado como referencia: néctar de guayaba dulce marca california; por medio de una prueba triangular. La formulación seleccionada fue la número 3. Se evaluó el

tiempo de vida útil del producto seleccionado mensualmente durante 90 días, determinándose que la conservación del producto se mantuvo estable a través del tiempo durante el período de seguimiento, a pesar de sus bajos contenidos de sólidos solubles (5°Brix), por lo que se puede considerar de buena calidad en un período de 3 meses.

Palabras clave: Frutas, edulcorantes, evaluación sensorial, vida útil

Abstract. In this research, three formulations of sweet guava nectar sweetened with Stevia were made using guava (*Psidium guajava* L.) pulp foreign variety in a state of maturity of 60 %. Proximal (P), physicochemical (PC) and microbiological (M) analysis, in order to determine its characteristics and check how these affect the quality of the final product, were

performed to the pulp. The variation of the formulations is provided for replacing the Stevia sweetener for sucrose in three different concentrations for nectar. One formulation was chosen, based on the similarity of the sensory characteristics (S), PC and M with standard product: fresh guava nectar brand California; by a triangular test. The selected formulation was the number 3. The lifetime of the selected product was evaluated during 90 days, concluding that the preservation of the product was stable over time during the follow-up period, despite its low content of soluble solids (5 ° Brix), so it can be considered good quality over a period of 3 months.

Key words: Fruits, edulcorants, sensory evaluation, shelf life

INTRODUCCIÓN

La principal característica de la planta de stevia es que contiene unos compuestos llamados steviósidos y rebaudiósidos en sus hojas, los cuales son de 300 a 400 veces más dulces que el azúcar de caña. Estos compuestos no son metabolizados en el cuerpo humano, por lo que no aportan calorías y se ofrecen como una alternativa saludable y natural para la sustitución del azúcar refinado o edulcorantes artificiales tipo aspartame. Otras virtudes de la stevia son su aporte en el funcionamiento regular del corazón, protege el esmalte dental al disminuir las poblaciones de bacterias por falta de azúcar, no posee efectos cancerígenos ni mutagénicos, presenta estabilidad al pH y al calor. (Corpoica Regional 2, 2001). González, (2011) y EUSTAS, (2006) muestran la amplia utilización de la stevia en el ámbito alimenticio, como en conservas, embutidos, enlatados, gaseosas, bebidas hidratantes, derivados lácteos, helados, repostería, mermeladas, confitería, jugos, gelatinas, snacks, gomas de mascar, café, té, y productos dietéticos, por lo cual, sería factible realizar estudios dirigidos a crear nuevas formulaciones en la elaboración de productos vegetales, como néctar de guayaba dulce, reemplazando la sacarosa por concentraciones menores de stevia, obteniendo beneficios para la salud de las personas que los consumen gracias a que este edulcorante no tiene calorías, lo pueden consumir personas diabéticas, es anticaries, no es tóxico y es totalmente natural. Traería beneficios desde el punto de vista del aprovechamiento de la guayaba dulce, un fruto de producción en esta región, al cual no se le da el tratamiento adecuado. Con esto se le pondría un valor agregado y así, se contribuiría con el desarrollo de la zona y a la vez con la consecución de recursos por parte de los cultivadores; además se podría incentivar el aumento del área sembrada de guayaba, ya que en la actualidad es de solo 64 hectáreas, distribuidas en Cereté, Montería y Pueblo Nuevo, proporcionando una producción de

1188 Ton/año. Las anteriores razones motivaron a la realización de esta investigación, creando formulaciones de néctar de guayaba dulce edulcorados con stevia, seleccionando las más semejantes en sus características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas a productos posicionados y reconocidos en el mercado. Además se le realizó caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial a las formulaciones durante un tiempo de 90 días para evaluar su período de vida útil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones para la caracterización de la materia prima, productos de referencia y formulaciones realizadas (Análisis P, FQ y M). La stevia fue proporcionada por el cultivo de investigación manejado por el departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba. La elaboración de los productos se realizó en la Planta Piloto de frutas y verduras del programa de Ingeniería de Alimentos, y los análisis fueron ejecutados en los laboratorios de Microbiología y Análisis de Alimentos de la Universidad de Córdoba, sede Berástegui, Municipio de Ciénaga de Oro.

Caracterización de los productos estándares y de la Pulpa. Se tomó como producto de referencia el néctar de guayaba dulce de la marca California, el cual se caracterizó mediante análisis P, FQ y M, al igual que la pulpa de guayaba dulce.

Tratamiento de la stevia. La stevia, fue sometida a un proceso de secado y molienda, se realizaron extractos a partir de esta, los cuales se sometieron a concentración y cristalización. El contenido aproximado de esteviósido y rebaudiósido en la stevia empleada en la realización de los cristales fue 16% y 6% respectivamente. Para determinar el poder edulcorante de la stevia se realizó un análisis sensorial con 10 catadores semientrenados, donde se les entregó 7 soluciones de sacarosa, al 0%, 100%, 150%, 200%, 250% y 300% con el fin de entrenarlos para que las identificaran muy bien, y luego hacerles entrega de una solución de stevia al 50%.

Formulaciones. Se realizaron tres formulaciones de néctar de guayaba dulce que se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones de néctar de guayaba dulce edulcorado con stevia.

INGREDIENTE	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)	Formulación 3 (%)
pulpa	25	25	25
stevia	0,033	0,05	0,0667
agua	64,14	64,14	64,14
acido cítrico	0,30	0,30	0,30

benzoato de sodio	0,09	0,09	0,09
-------------------	------	------	------

Elaboración del Néctar. Se realizó una selección y clasificación, limpieza y desinfección, despulpado y refinación, un pesaje y cocción. Luego se realizó lectura refractométrica hasta alcanzar los 5 °Brix de sólidos solubles. Finalmente se envasó a 90°C, en frascos de vidrio de 100 mL, y se llevó al túnel de exhausting, donde se generó vacío en el proceso de envasado. Se almacenó entre 28 y 32 °C a una humedad relativa aproximada de 85%.

Prueba organoléptica. Para la elección de la mejor formulación se realizó una prueba discriminativa triangular, comparándose el néctar de guayaba dulce marca California y las tres formulaciones. Se utilizó un panel de 10 catadores semientrenados con 3 repeticiones.

Análisis y Seguimiento del producto seleccionado. El producto seleccionado en la prueba organoléptica fue sometido a análisis P, FQ y M. Se les realizó seguimiento por 90 días, haciendo análisis FQ, M y S mensualmente.

Prueba de aceptación de los productos. Se les proporcionó la muestra para que manifestaran su intención de compra, utilizando 200 catadores consumidores en los principales supermercados de Planeta Rica (Córdoba) y Cereté (Córdoba).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de pulpa de guayaba dulce. Durante el proceso de extracción de la pulpa de las frutas destinada para la elaboración de los productos se obtuvo un rendimiento del 79,18%, lo cual es normal si se tienen en cuenta las pérdidas debidas al procesamiento de esta durante el despulpado y refinado. Al comparar este rendimiento en pulpa con el citado por Camacho, (1997), el cual es de 85%, este se puede considerar como un valor aceptable.

Poder edulcorante de la stevia. Una prueba de escala, comparando una solución de stevia al 50% con soluciones de sacarosa de concentraciones 50%, 100%, 150%, 200%, 250% y 300%, el 20% de los catadores opinaron que la solución de stevia se asemejaba a la solución de sacarosa al 250%, y el 80% de los catadores opinaron que se asemejaba a la solución de sacarosa al 300%. Al seguir incrementando los porcentajes de las soluciones de sacarosa, los catadores elegirían el valor mayor. Cabe aclarar que no se hicieron pruebas con porcentajes más altos debido a una eminente fatigación del catador por el sabor dulce.

Néctar de guayaba dulce edulcorado con stevia. Para la elección de la mejor formulación se realizó una prueba discriminativa triangular, comparándose el néctar de guayaba dulce marca California y las tres formulaciones. Se utilizó un panel de 10 catadores semientrenados con 3 repeticiones. Teniendo en cuenta que para 10 catadores se necesitan 8 respuestas para establecer

una diferencia significativa, se obtuvo que: la formulación 1 tuvo 8 respuestas, la formulación 2, 3; y la formulación 3, 8; a un nivel de significancia del 1%.

La formulación de néctar seleccionada contiene 25% de pulpa, 0,05% de stevia, 64,14% de agua, 0,3% de ácido cítrico y 0,09 % de benzoato de sodio el cual corresponde a la formulación 3. Para fijar el porcentaje de pulpa se tuvo en cuenta el valor de 25% de guayaba recomendada por Camacho, (1997). Con el fin de disminuir el pH del néctar se adicionó la cantidad indicada del ácido con respecto a la pulpa empleada. Debido al bajo contenido de sólidos solubles, y con el fin de preservar el producto durante mayor tiempo se adicionó benzoato de sodio, teniendo en cuenta el valor máximo permitido (0,1%) por el Ministerio de Salud según su Resolución 7992 de 1991. Según la prueba de aceptación al 78,5% le gustó el producto, siendo este resultado satisfactorio.

CONCLUSIONES

La estabilidad y conservación del néctar depende en gran proporción de su contenido de sólidos solubles, pero, debido a la baja concentración de estos que aporta la Stevia Rebaudiana Bertoni, los 5 °Brix a los que se llevó, no fueron suficientes para mantenerlo estable en un período de conservación determinado, ya que si no se dan las condiciones adecuadas de almacenamiento el producto podría fermentarse en pocas semanas. Por esto que se precisó en mantener un pH bajo (3,3), mediante la adición de ácido, además de someterlo a un proceso de pasteurización generar vacío en el proceso de envasado con el fin de impedir el desarrollo de microorganismos.

Al elaborar el néctar de guayaba dulce edulcorado con stevia se notó que los 5 °Brix son mucho más bajos que lo normal, y por lo tanto, mucho más bajo su aporte calórico. Los sólidos solubles se reducen prácticamente a los que aporta la cantidad de pulpa empleada como materia prima.

El néctar fue satisfactoriamente aceptado por los consumidores, teniendo esto su mayor justificación en las múltiples bondades que posee la stevia al ser empleada como edulcorante.

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho, G. 1997. Taller de Conservación de frutas y Hortalizas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. ICTA. Santa Fé de Bogotá.
- Stevia, endulzante natural. 2001. Publicación Corpoica Regional.
- González, S.A. 2011. Aproximación a la Comprensión de un Endulzante Natural Alternativo, la Stevia rebaudiana bertoni: Producción, Consumo y Demanda Potencial. Agroalimentaria. 17(32): 57-69
- EUSTAS. 2006. Preguntas Frecuentes y Respuestas. <http://>

Análisis Multivariado al Proceso de Microencapsulación de Antocianinas de Frutas Tropicales Colombianas por secado por aspersión

Multivariate analysis during anthocyanin microencapsulation from colombian tropical fruits by spray-drying

Danilo Andrés Revelo Vargas¹; Coralia Osorio Roa²

- 1 Ingeniero Agroindustrial, M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. darevelova@unal.edu.co
- 2 Profesora Asociada, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. cosorior@unal.edu.co

Resumen. Extractos enriquecidos en antocianinas (AREs) obtenidos a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), corozo (*Bactris guineensis*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) se sometieron al proceso de microencapsulación mediante secado por aspersión a diferentes temperaturas. Para definir las mejores condiciones de operación se empleó un sistema de análisis multivariado discriminante por clusters, a partir del cual se concluyó que la mejor temperatura de secado estaba entre 150°C a 175°C. La temperatura de entrada y el tipo de muestra, fueron las variables que tuvieron más efecto sobre el contenido de antocianinas totales y el rendimiento. Específicamente se encontró una mayor dependencia de la actividad de agua a la temperatura de secado, y de los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) al contenido de antocianinas.

Palabras clave. Conservación, biofuncional, selección estadística, encapsulación.

Abstract. Anthocyanin-rich extracts (AREs) obtained from Andes berry (*Rubus glaucus Benth*), corozo (*Bactris guineensis*), and tree tomato (*solanum betaceum Cav.*) were subjected to spray-drying process at different temperatures. In order to define the best processing conditions, a multivariate discriminative analysis was used by clusters. It was concluded that between 150 °C to 175 °C was the best for this process. Anthocyanin total content and yield were the parameters with more effect over temperature and fruit type. Water activity was more dependent of temperature, and color parameters (L , a^* , b^*) were more dependent of anthocyanin total content.

Key words. Conservation, biofunctional, statistical selection, encapsulation.

INTRODUCCIÓN

La deshidratación es un proceso que se ha utilizado como una estrategia para extender la vida útil de las frutas, minimizar sus pérdidas y deterioro durante la manipulación post-cosecha y generar nuevas alternativas de comercialización a largo plazo; siendo la tecnología de secado por aspersión,

una de las técnicas más usadas para producir deshidratados no perecederos a gran escala (Fernández *et al.*, 2011). Esta técnica permite encapsular los principios activos de interés al evaporar el agua y generar las cápsulas instantáneamente, con beneficios como disminución la actividad de agua, riesgo químico y/o microbiológico; reducción del volumen para así obtener un producto con solubilidad instantánea, y el mejoramiento de las propiedades reológicas del producto obtenido, como la capacidad de aglomeración y la densidad aparente (Murugesan y Orsat, 2012; Fernández *et al.*, 2011). Así el objetivo del presente trabajo fue determinarlas mejores condiciones de encapsulación de extractos enriquecidos en antocianinas (AREs) a partir de los frutos de mora, tomate de árbol y corozo mediante la aplicación de métodos de análisis matemático con diferentes variables de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Los frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), corozo (*Bactris guineensis*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) se adquirieron en los mercados locales de Saboya (Boyacá), Montería (Córdoba) y Paloquemao en Bogotá (Cundinamarca) respectivamente. Los parámetros de control de calidad contenido de sólidos solubles (NTC 4624); acidez titulable (NTC 4623); pH (NTC 4592) fueron empleados como estándar de selección, utilizando en los tres casos maltodextrina DE20 como encapsulante. Así mismo las antocianinas mayoritarias fueron aisladas e identificadas en estudios previos mediante técnicas espectroscópicas convencionales (RMN ¹H y ¹³C y LC-ESIMS) (Osorio *et al.*, 2010; Osorio *et al.*, 2012).

Obtención de microencapsulados por secado por aspersión. La microencapsulación mediante seado por aspersión se realizó en un secador SD-06 Labplant, bajo condiciones de entrada de flujo de aire de 4.3 m/s, velocidad de impulso de la mezcla a microencapsular de 280 mL/h y variación de la temperatura en el intervalo de 125° C a 225° C. La combinación de fruta: agua: encapsulante para mora

de castilla y tomate de árbol se realizó en proporciones 1:1:1 p/p/p; y una combinación de extracto de corozo: maltodextrina 1:3 v/p (Osorio *et al.*, 2010).

Medición de las variables de respuesta. Las variables de respuesta escogidas para el análisis multivariado fueron rendimiento, actividad de agua, contenido de antocianinas y parámetros de color L^* , a^* , b^* . La determinación del rendimiento (Rd) se realizó mediante balances de masa para conocer la relación de microencapsulado por cantidad de fruta empleada. La actividad de agua (aw) se midió mediante un lector portátil HygroPalm AW1 Rotronic (USA) hasta llegar al equilibrio con una velocidad de cambio inferior a 0,001 a_w /min. El análisis instrumental de color se realizó por medición espectrofotométrica del espectro de transmisión en la región visible (380-770 nm) usando un equipo HP8452 y el software CromaLab © con un iluminante normalizado D65 y un observador estándar de 10° (Heredia *et al.*, 2004) para los parámetros L^* , a^* , b^* . El contenido de antocianinas totales (At) se realizó por el método de pH diferencial midiendo la absorbancia de 520 y 700 nm con un espectrofotómetro Jenway 7305 UV/visible, tal y como fue descrito por Wrolstad *et al.*, 2005.

Análisis estadístico. Las variables de respuesta se analizaron utilizando un diseño estadístico univariable por triplicado mediante el análisis de varianza ANOVA para comparación de medias por la prueba de Duncan con un nivel de significancia de

$\alpha = 0,05$. Para la diferenciación de los niveles de temperatura evaluados se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y un análisis de *clusters* con el fin de agrupar los resultados en función de la temperatura, utilizando el paquete estadístico SAS © 9.4 (SAS, 2012), mediante normalización y agrupación de las variables de respuesta evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al aplicar el análisis multivariado se observó una clara dispersión entre agrupaciones para cada fruta, como se observa en la Figura 1. Las variables, contenido de antocianinas y rendimiento afectaron mayoritariamente (49,04% y 31,52% respectivamente) al proceso de secado por aspersión, por lo cual estas variables tienen mayor peso ponderado respecto a la variabilidad del contenido de actividad de agua y del color; siendo su medición suficiente para controlar el proceso experimental. En general el contenido de antocianinas totales mostró una reducción proporcional para las tres frutas desde 125°C , siendo más estable en las muestras de mora de castilla a pesar de tener un menor rendimiento en comparación a los otros dos frutos.

La variación y tendencia de la actividad de agua fue inversamente proporcional a la temperatura de secado manteniéndose en un intervalo de 0,34 a 0,09, lo cual asegura una alta estabilidad. La variación del rendimiento presentó un crecimiento proporcional a la temperatura, al igual que la luminosidad (L^*) debido

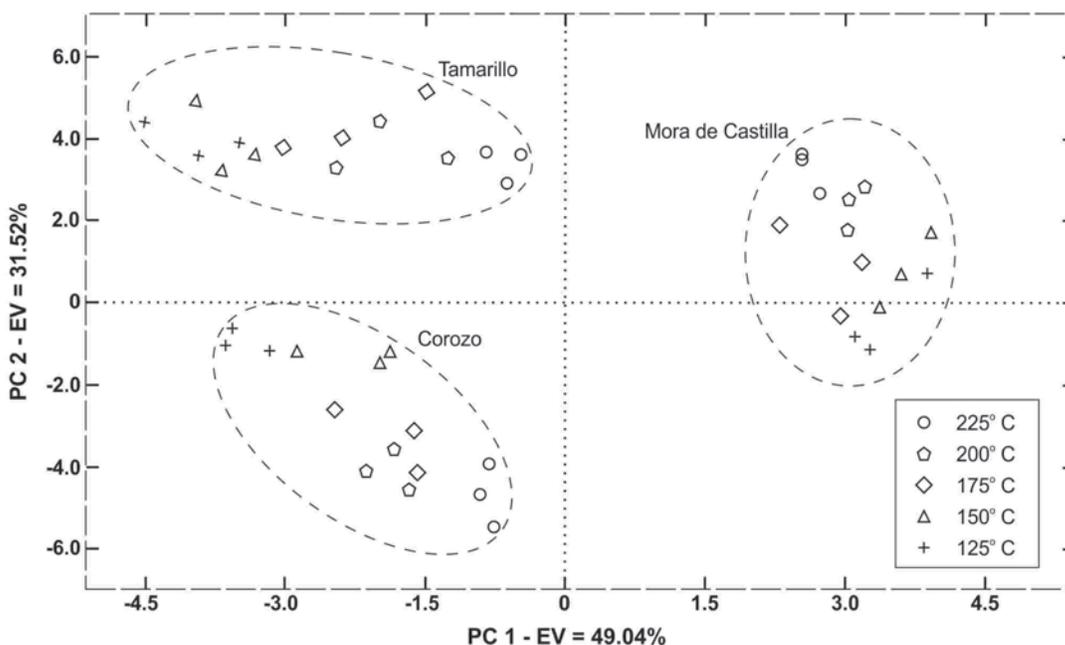


Figura 1. Análisis de componentes principales para tomate de mora de castilla, corozo y tomate de árbol a diferentes temperaturas de secado por aspersión.

al daño térmico de las antocianinas (Tiwari *et al.*, 2009), mientras que los parámetros de color a^* y b^* no mostraron una tendencia o variación significativa respecto hasta 200° C ($p > 0,05$); posterior a este valor se evidenció el inicio del pardeamiento no enzimático que alteraba significativamente todos los parámetros de color ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

El análisis multivariado sugiere que la mejor temperatura para el procesamiento de AREs está entre 150° C a 175° C. Temperaturas superiores reducen el contenido de antocianinas a una mayor tasa que el incremento del rendimiento. Temperaturas inferiores favorecen ligeramente el color pero disminuyen significativamente el rendimiento ($p < 0,01$).

BIBLIOGRAFÍA.

Instituto Colombiano De Normas Técnicas. NTC 4592, Productos de frutos y verduras. Determinación del pH; NTC 4623. Determinación de la acidez titulable; NTC 4624. Determinación del contenido de Sólidos Solubles. Bogotá D.C. ICONTEC. 1999.

- Fernández F. A., S. Rodrigues, C.L. Law and A.S Mujumdar .2011. Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review. Food and Bioprocess Technology 4: 163-185.
- Heredia, F. J., C. Álvarez, M.L, González y A. Ramírez. 2004. CromaLab ®, Análisis de Color. Registro General de la Propiedad Intelectual SE-1052-04. Sevilla, España.
- Murugesan, R. and V. Orsat. 2012. Spray Drying for the Production of Nutraceutical Ingredients. A Review. Food Bioprocess Technology. 5(1): 3-14
- Osorio, C., B. Acevedo, S. Hillebrand, J. Carriazo, P. Winterhalter and A.L. Morales. 2010. Microencapsulation by spray-drying of anthocyanin pigments from corozo (*Bactris guineensis*) fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58 (11): 6977-6985.
- Osorio, C., N. Hurtado, C. Dawid, T. Hofmann, F.J. Heredia-Mira and A.L. Morales. 2012. Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth) fruits. Food Chemistry 132 (4): 1915-1921.
- Wrolstad, R and M. Giusti. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy (19-31). En: Handbook of Food and Analytical Chemistry. 1 Ed. John Wiley & Sons. New Jersey. United States. 606 p. 2005.

“Formulación de un Yogur Funcional de Zanahoria, *Daucus*, *Carota*”

“Formulation of Yogur Funtional of carrot, *Daucus*, *Carota*”

Benítez- Santillán, L.¹; García-Segovia, P.²; Pagán- Moreno, M^a J.².

¹ ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Panamericana Sur Km1 ½ EC060155, Riobamba, Ecuador. (+593) 03 2998200. Fax: (+593) 03 2317001. cepiad@esPOCH.edu.ec.
² UPV (Universidad Politécnica de Valencia). Camino de Vera s/n 46022, Valencia, España. Tel. (+34) 96 387 70 00. Fax (+34) 96 387 90 09. informacion@upv.es.

Resumen. El objetivo fue formular un yogur con un alto contenido en fibra procedente de zanahoria. Para lo cual se utilizaron diferentes tipos de leches (entera, desnatada y sin lactosa) y endulzantes (sacarosa y jarabe de fructosa), incorporándoles zanahoria en diferentes porcentajes (15 y 25 %) y omega 3 mediante la adición de nueces. Se evaluó la incidencia del porcentaje de adición de fibra y del tipo de azúcar sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los productos obtenidos. Todas las formulaciones ensayadas fueron adecuadas para la obtención de yogures con un nivel aceptable por los consumidores. Aunque estos prefirieron el yogur azucarado frente a los endulzados con jarabe de fructosa. Y con respecto a la apariencia general los yogures mejor valorados son los elaborados con un porcentaje de zanahoria del 25%. La única

formulación que no cumplió con los requisitos de la norma de calidad de yogur fue la elaborada con leche sin lactosa endulzada con jarabe de fructosa y con un 25 % de fibra de zanahoria, puesto que los recuentos de microorganismos vivos responsables de la fermentación fueron inferiores a 107 ufc/g.

Palabras clave: Productos lácteos, alimentos funcionales, fibra.

Abstract. The objective of this study was to formulate yogurt high in fiber from carrot. Which were used for different types of milk (Whole, skim and lactose) and sweeteners (sucrose and fructose syrup), incorporating different percentages carrot (15 and 25%) and omega 3 by the addition of nuts. The incidence rate of addition of fiber and sugar type on

the products obtained. All formulations tested were suitable for the production of yogurt with an acceptable level for consumers. Although these preferred the sweetened yogurt sweetened compared to fructose syrup. And as for the overall appearance. Highest rated yogurts are made with a carrot percentage of 25%. The only formulation that did not meet the requirements of the standard quality of yogurt was made from lactose-free milk sweetened with fructose syrup with 25% carrot fiber, since the counts of live microorganisms responsible for fermentation were below 10^7 cfu/g.

Key words: Milk products, functional foods, fiber.

INTRODUCCIÓN

La lucha contra el hambre, la desnutrición infantil, la malnutrición, la obesidad, son prioridades del Programa Mundial de Alimentos (PMA) y nuestro gobierno ecuatoriano, estudiamos entonces una alternativa para contribuir a optimizar nuestros recursos. Una alternativa es el yogur por su versatilidad, la fermentación láctica da al yogur su textura, sabor, y sus bacterias lácticas lo hace más digerible que otros lácteos,

posee beneficios nutritivos (Lourens-Hattingh y Viljoen, 2001). Se utilizó zanahoria *Daucus carota* (sub. *Sativus*), por sus efectos beneficiosos sobre la salud (Olmedilla-Alonso *et al.*, 2001). El consumo frecuente de zanahoria contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y cáncer (Olmedilla-Alonso *et al.*, 2001), y agregamos nueces por su elevado valor nutritivo. Se evaluó la incidencia de fibra y tipo de azúcar sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los yogures se aplicó el método (Tamime y Robinson, 1999; Vélez y Rivas, 2001). La leche se calentó a 40°C y mezcló con leche en polvo o suero de leche hasta sólidos solubles entre el 11 y 13 %, azúcar (10%), zanahorias procesadas a 9000 rpm Ultra-turrax modelo T25 (Janke & Kundel, Staufen, Alemania), nueces troceadas al 1% (p/p). Se atemperó a 42°C e inoculó el fermento láctico (12% p/p) y se mantuvo en cristal 150 ml/tarro a 42°C, hasta un pH de $4,5 \pm 0,1$ y almacenaron a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. Fórmulas: Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental

Tipo de leche	Endulzante *	Zanahoria (%)**	Leche en polvo (%)**	Suero de leche (%)**	Nuez (%)**	Código
Entera	Sacarosa	15	4	-	1	ES15
		25	4	-	1	ES25
	Jarabe de fructosa	15	4	-	1	EJ15
		25	4	-	1	EJ25
Desnatada	Sacarosa	15	6.9	-	1	DS15
		25	6.9	-	1	DS25
	Jarabe de fructosa	15	6.9	-	1	DJ15
		25	6.9	-	1	DJ25
Sin lactosa	Sacarosa	15	0	4	1	SLS15
		25	0	4	1	SLS25
	Jarabe de fructosa	15	0	4	1	SLJ15
		25	0	4	1	SLJ25

*: el endulzante se incorpora a razón de un 10% (p/p) **: p/p

Fisicoquímicos.- pH: pHmetro Crison-507. Humedad: Desecación a estufa con circulación de aire caliente. aw: en Aqualab GB-X modelo FA-st lab. Francia. Color: Con espectrofotómetro Konica Minolta CM-3600d: coordenadas CIE-L*a*b* espectro de reflexión muestral, iluminante D65 y observador 10°. Textura: Con TA-XTPlus.UK, test Back Extrusion Cell(A/BE) disco de 35 mm y célula de 5 kg con 1,0 mm/s. Microbiológicos.- AM: PCA, 72h, 30°C. (UNE-EN ISO 4833). BAL MRS Difco, BD & Co., Sparks, MD., EE.UU, 48h, 37°C (ISO 15214/1998). Sensorial. Panel de 45 jueces no entrenados, escala hedónica de 9 p NORMAS UNE. Estadístico:

ANOVAs. Cuando ($p < 0.05$) Pruebas de Múltiples Rangos, con Fisher (LSD). En Statgraphics Centurion XV versión 15.2.06 (Manugistics Corp., Rockville, EE.UU), 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Fisicoquímicos. Para las 12 fórmulas el pH es similar, coincide con otros autores, (Briceño *et al.*, 2001; Xanthopoulos *et al.*, 2001; De Oliveira *et al.*, 2005; Pérez, 2005; Blanco *et al.*, 2006; Maragkoudakis *et al.*, 2006; Ramírez, 2007), el pH del yogurt está entre 3,8 y 4,5. Aportela-Palacios *et al.*, (2005) indican que la fibra incrementa el pH.

Humedad. Valores inferiores a los de Farinde *et al.*, (2009) en yogures comerciales con humedad del 84%. Por la incorporación de fibra, así, Aportela- Palacios *et al.*, (2005) mencionan que la fibra (salvado de trigo) en yogures conlleva un descenso de humedad. *Actividad de agua*. 0,98 sin d.s., contrario a (Aportela-Palacios *et al.*, 2005) más fibra y menos a_w .

Color. Para los tres tipos de leche la luminosidad disminuyó al incrementarse la fibra, descenso en los valores de L^* observado ya por Aportela-Palacios y col. (2005). Con leche entera y sin lactosa se observaron variaciones en L^* en función del endulzante y 25 % de zanahoria. El incremento de luminosidad asociados al incremento de grasa en la leche ya fue descrito por (Phillips *et al.*, 1995; Oroian *et al.*, 2011). Para la coordenada rojo verde los mayores valores con un 25 %. Con 25 % de zanahoria y jarabe de fructosa disminuyó a^* con entera y sin lactosa, e incrementó para la desnatada. Es posible un enmascaramiento parcial del componente naranja por la zanahoria en leches con más grasa. En la coordenada amarillo-azul, al igual que con a^* , las muestras con un 25 % presentaron valores superiores. El efecto del endulzante dependió, al igual que en a^* , de la fibra. Con un 25% se observó lo inverso. En el tono de color, los valores fueron superiores para un 15 %. h difirió en función del tipo de endulzante. (Ver Tabla 2).

Tabla 2 Valores de L^* , a^* , b^* , C^* y h de las muestras

código	L^* (DS)	a^* (DS)	b^* (DS)	C^* (DS)	h (DS)
ES15	78.83 (0.16)	12.30 (0.13)	15.92(0.03)	20.11 (0.11)	52.32 (0.24)
ES25	73.29 (0.12)	18.72 (0.03)	22.33(0.10)	29.14 (0.08)	50.02 (0.14)
EJ15	78.32 (0.36)	13.07 (0.14)	17.10(0.27)	21.52 (0.30)	52.61 (0.15)
EJ25	74.35 (0.24)	18.30 (0.14)	21.53(0.07)	28.26 (0.14)	49.64 (0.13)
DS15	75.84 (0.11)	14.79 (0.06)	19.74(0.14)	24.66 (0.15)	53.14 (0.11)
DS25	71.73 (0.14)	19.82 (0.02)	23.38(0.07)	30.64 (0.05)	49.71 (0.11)
DJ15	75.08 (0.31)	15.64 (0.05)	19.58(0.06)	25.06 (0.08)	51.38 (0.01)
DJ25	70.97 (0.05)	20.55 (0.11)	23.72(0.13)	31.38 (0.18)	49.10 (0.03)
SLA15	72.94 (0.33)	18.45 (0.28)	23.44(0.23)	29.83 (0.36)	51.79 (0.16)
SLA25	69.03 (0.10)	23.00 (0.27)	27.50(0.28)	35.85 (0.39)	50.10 (0.06)
SLJ15	72.64 (0.08)	18.50 (0.23)	23.98(0.07)	30.29 (0.19)	52.36 (0.26)
SLJ25	70.16 (0.10)	22.31 (0.11)	27.22(0.22)	35.19 (0.24)	50.66 (0.09)

DS: error estándar; E: leche entera; D: leche desnatada; SL: leche sin lactosa.

Textura. Con un 25 % hay más firmeza, independiente del tipo de leche. Con un 15 % el tipo de endulzante no influyó en la dureza. Con 25 % de zanahoria, la consistencia difirió en función del azúcar. La medida instrumental de la textura en yogur puede reflejar el impacto de los elementos de la formulación y condiciones de procesado (Guinard *et al.*, 1997; Muse y Hartel, 2004). La reducción o eliminación de grasa induce la formación de una red proteica, en la leche entera las caseínas están fusionadas formando agregados (Sandoval-Castilla, et al, 2004) por esto los yogures con leche desnatada es superior.

Microbiológico. Los aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas para los yogures con leche entera, fueron las únicas muestras que difirieron significativamente ($p < 0,05$). Los aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas son equivalentes en todas la formulaciones excepto en la EJ25. Con leche entera cumplieron 107 ufc/g viables (RD 179/2003). Con leche entera, no existió correspondencia entre la variación del pH y el crecimiento microbiano. Con fructosa mayores niveles.

Análisis sensorial. En el color coinciden con la apariencia, coincidiendo con (Popa y Ustunol, 2011); el parámetro que más influye en la apariencia es el color. El aroma del yogur es una combinación los volátiles de la leche y los de la fermentación, de ellos el acetaldehído es el más significativo para marcar ese carácter "lácteo" (Ott *et al.*, 2000). Ver tabla 3.

CONCLUSIONES

Los yogures con un mayor contenido en fibra son más firmes, y en la valoración sensorial se prefiere el de menor contenido. Los yogures de color más vivo son los con leche sin lactosa y 25% de zanahoria, mayor fibra descenso en los valores de L^* , en a^* los mayores valores con 25 % de zanahoria. En el tono de color, los valores siempre superiores para las muestras con un 15 % de zanahoria, h difirió por el endulzante. El color fue el factor determinante en la apariencia. La única formulación que no cumple la norma de calidad fue de leche sin lactosa, jarabe de fructosa y 25 % de fibra de zanahoria. La microbiota predominante es la láctica. Las formulaciones son adecuadas para la obtención de yogures aceptados, se prefiere el yogur con sacarosa, en apariencia con 25% zanahoria.

Tabla 3: Puntuaciones sensoriales de las muestras.

	Apariencia	Color	Aroma	Dulzor	Textura
ES15	4.5 (2.0)	5.0 (2.0)	5.8 (1.4)	6.1 (1.9)	5.4 (2.1)
ES25	4.8 (2.0)	6.1 (1.9)	5.0 (1.7)	5.5 (1.7)	4.2 (2.1)
EJ15	3.6 (2.1)	4.0 (1.9)	4.8 (1.6)	4.3 (1.9)	4.5 (2.1)
EJ25	6.1 (1.8)	6.6 (1.5)	4.9 (1.7)	5.0 (2.1)	5.1 (2.1)
DS15	4.4 (2.2)	5.0 (1.9)	5.3 (1.3)	5.7 (1.9)	5.6 (2.0)
DS25	5.2 (1.6)	6.0 (1.7)	5.4 (1.3)	5.4 (1.7)	4.8 (1.7)
DJ15	3.9 (1.8)	4.8 (2.1)	5.0 (1.4)	4.9 (1.6)	5.0 (1.9)
DJ25	5.1 (1.7)	5.9 (1.4)	5.2 (1.3)	4.7 (1.3)	4.5 (1.6)
SLA15	5.1 (2.0)	5.6 (1.9)	6.3 (1.7)	6.1 (2.3)	6.0 (1.8)
SLA25	5.7 (2.0)	6.2 (1.8)	5.5 (1.6)	5.9 (2.0)	5.1 (2.2)
SLJ15	4.9 (2.2)	5.3 (2.1)	5.0 (2.1)	4.8 (2.2)	5.5 (2.0)
SLJ25	6.0 (1.6)	6.8 (1.6)	6.0 (1.7)	5.6 (2.1)	5.5 (2.4)

DS: error estándar; E: leche entera; D: leche desnatada; SL: leche sin lactosa.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica de Valencia, su aporte humano y científico. A la SENESCYT – Ecuador por financiar mis estudios, y la ESPOCH.

BIBLIOGRAFÍA

- Aportela-Palacios, A., M.E. Sosa-Morales and J.F. Velez-Ruiz. 2005. Rheological and Physicochemical Behavior of Fortified Yogurt, with Fiber and Calcium. *Journal of Texture Studies*. 36(3): 333-349.
- Blanco, S., E. Pacheco y N. Frágenas. 2006. Evaluación física y nutricional de un yogurt con frutas tropicales bajo en calorías. *Rev. Fac. Agron. UCV*. 32:131-144.
- De Oliveira, M., R. Hernandez y S. Prudencio-Ferreira. 2005. Suplementação de iogurte de soja com fruto oligossacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. *Revista de Nutrição*. Campinas. 18 (5):613-622.
- Lourens-Hattingh, A., Viljoen, B.C. 2001. Review: Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11: 1–17.
- Maragkoudakis, P., C. Miaris, P. Rojez, N. Manalis, F. Magkanari, G. Kalantzopoulos and E. Tsakalidou. 2006. Production of traditional Greek yoghurt using *Lactobacillus* strains with probiotic potential as starter adjuncts. *Int. Dairy J.* 16:5260.
- Martínez-Monzó, J. 2006. *Nutrición Humana*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Olmedilla-Alonso, B., F. Granado-Lorencio y I. Blanco-Navarro, 2001. Carotenoides y salud humana. *Fundación Española de la Nutrición (F.E.N.)*, Madrid.
- Oroian, M.A., I. Escriche and G. Gutt, 2011. Theological, textural, color and physico-chemical properties of some yogurt products from the Spanish market. *Food and Environment Safety-Journal of Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University, Suceava*, 10 (2): 24-29.
- Phillips, L.G., M.L. McGriff and D.M. Barbano. 1995. The influence of fat on the sensory properties, viscosity, and color of lowfat milk. *Journal of Dairy Science*, 78(6): 1258-1266.
- Sandoval-Castilla, O., C. Lobato-Calleros, E. Aguirre-Mandujano and E.J. Vernon-Carter. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14 (2): 151-159
- Tamine, A. y R. Robinson. 1991. *Yogur Ciencia y Tecnología*. Acribia Ed. Zaragoza. España.
- Ubando, J. at.el. 2004. Mexican lime peel: Comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. *Food Chemistry* 89(1): 57-61
- Xanthopoulos. V., N. Pedritis and N. Tzanetakis. 2001. Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* strains isolated from traditional greek yogures. *J. Food Sci.* 66(5):747-752

Queijo de Manteiga: Physical Chemistry, Microbiological and Consumer Profile

Queso de Manteca: Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y perfil del consumidor.

Nayhara Raquel Vasconcelos Barbosa¹; Esmeralda Paranhos dos Santos²; Ricardo Targino Moreira³

- 1 Aluna do curso de Engenharia de Alimentos CT/UFPB. Campus I UFPB, Cidade Universitária, s/n Castelo Branco, João Pessoa, CEP.: 58051900-PB. nayhara_raquel@hotmail.com
- 2 Doutorado, Professora do curso de Engenharia de Alimentos CT/UFPB. Campus I UFPB, Cidade Universitária, s/n Castelo Branco, João Pessoa, CEP.: 58051900-PB. esmeraldaparanhos@ig.com.br
- 3 Doutorado, Professor do curso de Engenharia de Alimentos CT/UFPB. Campus I UFPB, Cidade Universitária, s/n Castelo Branco, João Pessoa, CEP.: 58051900-PB. ricardo.ufpb@gmail.com

Abstract. *Queijo de Manteiga is one of the most traditional cheeses of the Northeastern Brazil. It is commonly sold in handmade form, presenting as a product without standardization. To evaluate the physico-chemical, microbiological and consumer profile characteristics were acquired samples from two scoring Queijo de Manteiga industrialized (and QI1 QI2) and artisanal Queijo de Manteiga*

(QA) in the public market of the city of João Pessoa - PB. The samples were subjected to determination of coliforms at 30° C and 45 ° C, Salmonella sp., Coagulase positive staphylococci, moisture, fat total solids (EST), fat in dry matter (GES), pH and determination of starch. Found the presence of total coliforms within the limits of the legislation in the samples QI1 and QA. All samples showed absence of

Salmonella and coagulase positive staphylococci. Samples were classified as high humidity and fat in total solids above 48 %; starch test for all samples tested positive, evidencing fraud. The profile of consumers of cheese respondents were young adults, females, consumers of Queijo de Manteiga in a natural way at breakfast, who observes the validity, do not know a brand of Queijo de Manteiga, analyzes the hygiene of the establishment of sale, cannot distinguish the handmade from the industrialized cheese, and the most influential factor when purchasing is price.

Key word: Cheese butter, physico- chemical and microbiological characteristics, consumer profile.

Resumen. *El queijo de Manteiga es uno de los quesos más tradicionales del noreste de Brasil, se vende comúnmente en forma artesanal y se presenta como un producto sin estandarización. Para evaluar las características físico-químicas, microbiológicas y de perfil del consumidor se adquirieron muestras de dos queijos de Manteiga industrializados (QI1 y QI2) y uno artesanal (QA), en el mercado público de la ciudad de João Pessoa - PB . Las muestras fueron evaluadas en humedad, grasa sólidos totales (EST), grasa en materia seca (GES), pH y contenido de almidón. Se encontró la presencia de coliformes totales dentro de los límites de la legislación en las muestras QI1 y QA, ausencia de Salmonella y estafilococos coagulasa positivos. Las muestras se clasificaron como de alta humedad y la grasa en los sólidos totales por encima de 48 %, el contenido de almidón en todas las muestras fue positivo, lo que evidencia el fraude. El perfil de los consumidores encuestados fueron adultos jóvenes, mujeres y consumidores de queijo de Manteiga en forma natural en el desayuno. Los resultados encontrados muestran que los consumidores no conocen las marcas de queijo de Manteiga en el mercado, no analizan la higiene en el establecimiento de venta, siendo el factor más importante el precio del producto, y no alcanzan a diferenciar entre un queso artesanal y uno industrializado.*

Palabra clave: Queijo de Manteiga, fisicoquímicas y microbiológicas características, perfil del consumidor.

INTRODUCTION

In Brazil, cheese industry is an important segment of the dairy industry, where cheeses stand out, ensuring 33 % of the total volume of processed milk (EMBRAPA, 2011). In the Northeast, dairy industry is still simple, presenting a

traditional sector where establishments employing modern technology coexist with handcrafted units (Almeida, 2006). Paraíba in the production of butter and cheese curds corresponds to about 25 tons per month (Sebrae, 2008). Queijo de Manteiga is one of the most consumed artisanal cheeses in the Northeast, also known as North Curd, being obtained from the merger with butter or curd from raw skim milk, not requiring maturation. Its acid coagulation occurs naturally without yeast or rennet (ALMEIDA, 2006). In view of this, the aim of this study was to analyze the quality of the cheese samples of artisanal and industrialized Queijo de Manteiga commercialized in João Pessoa, Paraíba.

MATERIALS AND METHODS

Three samplings were performed by selecting randomly two brands of processed Queijo de Manteiga (QI1 and QI2), duly registered and supplier of handmade Queijo de Manteiga (QA), sold in the public market of João Pessoa / PB. For microbiological analysis, coliforms were determined at 30° C and 45° C, the method NMP (most probable number), Salmonella sp. through ISO 6579 and coagulase positive staphylococci (Brazil, 1996). Samples of Queijo de Manteiga were analyzed in triplicate, according to the rules described by the Instituto Adolfo Lutz, (2008), for moisture, fat, total solids (EST), fat in dry matter (GES), and pH determination starch. To know de Queijo Manteiga consumer profile an evaluation questionnaire consumption was applied, along with 40 people from the community technology center, UFPB - Campus I, with respondents randomly chosen among students, faculty, staff and visitors both genders .

RESULTS AND DISCUSSION

The three samples of Queijo de Manteiga analyzed showed the presence of total coliforms only QI1 and QA were samples within the limits of current legislation. There was no Salmonella and Staphylococcus coagulase positive in all samples, so we can consider the cheeses analyzed as suitable for consumption. All samples showed absence of Salmonella and coagulase positive staphylococci. Samples were classified as high humidity and fat in total solids above 48 %; starch test for all samples tested positive, evidencing fraud. The profile of cheese consumers were young adults and females, in a natural way at breakfast. Consumers do not know a brand of Queijo de Manteiga, analyzes the hygiene of the establishment of sale, cannot distinguish the handmade from the industrialized cheese, and the most influential factor when purchasing is price.

CONCLUSIONS

All the cheeses were within the quality control standards were classified as high humidity and fat in total solids above 48% and stood rigged. Consumers consume more Queijo de Manteiga for breakfast, observe the validity, not have a preference for a brand, assess the conditions of hygiene, have price as a determinant when purchasing the product, and cannot distinguish the artisan Queijo de Manteiga from the industrialized one.

BIBLIOGRAPHY

- Almeida, PE. 2006. Desenvolvimento do Queijo de Manteiga de Leite de Cabra. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba.
- Brasil, 1952. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal – Riispoa. Em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf. Consulta: out de 2013.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos. Laboratório Nacional de Referência Animal / Brasília. 1981.
- Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 146/96, de 07/03/96. Regulamento Técnico Geral para Fixação de Requisitos Microbiológicos de Queijos. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1996.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 07 mar. 1996.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e qualidade de queijo de Manteiga. Instrução Normativa nº 30, de 26 de Junho de 2001.
- Embrapa. 2003 Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Diagnóstico das Condições de Processamento e Caracterização Físico-Química de Queijos Regionais e Manteiga no Rio Grande do Norte. 1º edição online.
- Gondim, S.S.R. 2002 Obtenção e caracterização físico-química e sensorial de queijo de Manteiga com gordura parcialmente substituída por óleo vegetal. 2002. 84 p. Dissertação (mestrado em ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa.
- Instituto Adolfo Lutz. 2008. Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3.ed. São Paulo. v. 1.1985. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo. 1ª Edição Digital.
- Nassu, R.T., R. S. Araujo, M. F. Borges, J. R. Lima, B.A. Macêdo, M.H.P Lima, M. S. R Bastos. 2001. Diagnóstico das condições de processamento de produtos regionais derivados do leite no estado do Ceará. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.1. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical. 28p.
- Nassu, R.T. *et al.*, 2002 Caracterização físico-química e microbiológica de queijo de Manteiga com e sem adição de sorbato de potássio. p 3002-3005. In: Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre.
- Nassu, R. T. *et al.*, 2003 Diagnóstico das Condições de Processamento e Caracterização Físico-Química de Queijos Regionais e Manteiga no Rio Grande do Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fortaleza.
- Oliveira, C. S. 1984. Queijos artificiais. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, 235(39): 49-51.
- Sebrae. 2008. Perfil tecnológico das queijeiras no cariri e agreste paraibano. Serviço de apoio às micros e pequenas empresas do Estado da Paraíba. João Pessoa, PB.
- Sebrae. 2010. Fábrica de queijo artesanal (coalho e manteiga). Serviço de apoio às micros e pequenas empresas do Estado da Paraíba. João Pessoa, PB,

Evaluación del Proceso de Maduración de Variedades de Plátano Durante el Almacenamiento

Maturation Process Evaluation of Plantain Varieties During Storage

Andrés Chávez Salazar¹; Francisco Castellanos Galeano²; Lorenzo Julio Martínez³

1 Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. andres.chavez@ucaldas.edu.co

2 Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. francisco.castellanos@ucaldas.edu.co *Autor corresponsal

3 Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Matemáticas. Carrera 62 # 26-10. Manizales, Colombia. lorenzo.martinez_h@ucaldas.edu.co

Resumen. Esta investigación fue realizada para determinar el comportamiento de la textura, tanto en pulpa como con cáscara, y la relación de madurez (ratio), en cuatro variedades de plátano (Dominico Hartón, África, FHIA 20 y FHIA 21) durante el almacenamiento. El almacenamiento se hizo garantizando condiciones ambientales de $83 \pm 2\%$ de humedad relativa y $16^\circ\text{C} \pm 2$ de temperatura. El comportamiento de la acidez y los sólidos solubles mostró una tendencia de aumento en el tiempo, mientras que la textura tanto de la cascara como de la pulpa presentó una disminución al final del almacenamiento. La variedad FHIA 21, fue la que más se demoró para llegar al final de la etapa de maduración (44 días), seguido del África, FHIA 20 y Dominico Hartón (33, 26 y 23 días respectivamente).

Palabras clave: Dominico Hartón, África, FHIA, humedad relativa, almacenamiento.

Abstract. This research was conducted to determine the behavior of texture, both pulp and rind, and ratio, in four varieties of plantain (Dominico Harton, Africa, FHIA 20 and FHIA 21) during storage. Storage is made ensuring environmental conditions of $83 \pm 2\%$ relative humidity and $16 \pm 2^\circ\text{C}$ temperature. The behavior of acidity and soluble solids, showed an increasing trend over time, while the texture of both rind and pulp presented a decrease at the end of storage. FHIA 21 variety was the most delayed to reach the end of the maturation stage (44 days), followed by Africa, FHIA 20, and Dominico Harton (33, 26 and 23 days, respectively).

Key words: Dominico Hartón, Africa, FHIA, relative humidity, storage.

INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos más importantes del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz es el plátano. En Colombia el plátano está situado como el tercer producto más cultivado por debajo de la caña de azúcar y la leche entera de vaca (fresca) respectivamente. En Colombia se producen aproximadamente 3,3 millones de toneladas/año ubicándose como el quinto

productor de plátano a nivel mundial. (FAOSTAT, 2014). En América Latina y el Caribe se destacan como las variedades más cultivadas: el *Dominico*, *Dominico Hartón* y *Hartón*. (Castellanos y Lucas, 2011). El *Dominico Hartón*, es la variedad más cultivada en Colombia. (Beltrán *et al.*, 2010). La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), ha producido por medio del manejo genético de cultivos de plátano, diferentes híbridos resistentes a las sigatokas, entre los cuales se destacan el *FHIA 20* y el *FHIA 21*. (Guzmán y Castaño, 2009). El plátano África es una variedad originaria de Camerún, fue introducida a Colombia aproximadamente en 1999 y también presenta resistencias a las sigatokas. (Gonzales *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue observar el comportamiento de variables de índice de madurez (textura, acidez y sólidos solubles) de las cuatro variedades de plátano durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se utilizaron plátanos de las variedades África (AAB) y *Dominico Hartón* (AAB) y los híbridos *FHIA 20* (AAAB) y *FHIA 21* (AAAB), provenientes de la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada en el municipio de Palestina, departamento de Caldas, Colombia, a una altitud de 1050 m.s.n.m., temperatura promedio de $22,5^\circ\text{C}$, y humedad relativa de 76%; la zona presenta una precipitación de 2100 mm por año y suelo de origen volcánico (Castellanos y Lucas, 2011). El almacenamiento de las variedades se hizo en una cava garantizando condiciones ambientales de $83 \pm 2\%$ de humedad relativa y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura. La firmeza fue medida en un analizador de textura SHIDMAZU EZ-S, con una celda de carga de 500N, la prueba realizada fue penetración con una sonda cilíndrica metálica de 5 mm de diámetro, la velocidad de la sonda fue de 30 mm/min, en el punto central del fruto en la línea ecuatorial del mismo. La acidez se determinó como el porcentaje de ácido málico, según método oficial 942,05 de la AOAC. Los Sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$)

se determinaron según método oficial 932,12 de la AOAC, con un refractómetro digital marca Atago PAL-1 (0-53%). Con el software Statgraphics 5,1 se determinó los posibles efectos (individuales y de interacción) de los factores: estados de madurez y variedad, se consideró un diseño experimental no paramétrico conocido como prueba de wilson, debido al no cumplimiento de los supuestos paramétricos (no se cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad) asociados a la prueba F de Fisher. Con un nivel de significancia del 95%.

Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedio y líneas de tendencia de firmeza pulpa, firmeza cascara y ratio ($^{\circ}$ Brix/ $\%$ de acidez), de las cuatro variedades se muestran de forma normalizada en las figuras 1, 2 y 3 respectivamente. Para normalizar las gráficas, cada eje fue dividido entre el máximo valor de cada escala a la respectiva variedad.

La firmeza de los frutos en las cuatro variedades presentan igual

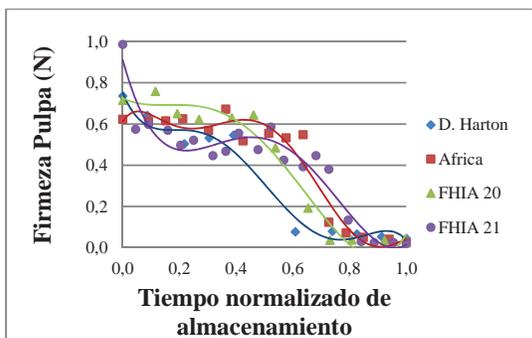


Figura 1. Firmeza de la pulpa durante la maduración de las cuatro variedades

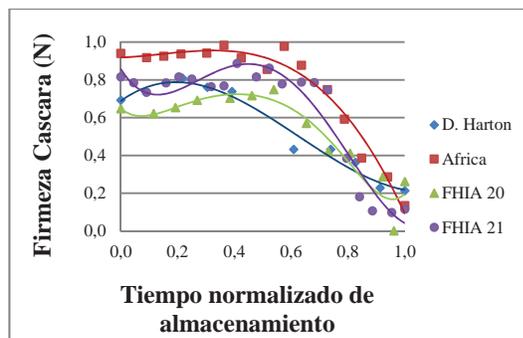


Figura 2. Firmeza de la cascara durante la maduración de las cuatro variedades.

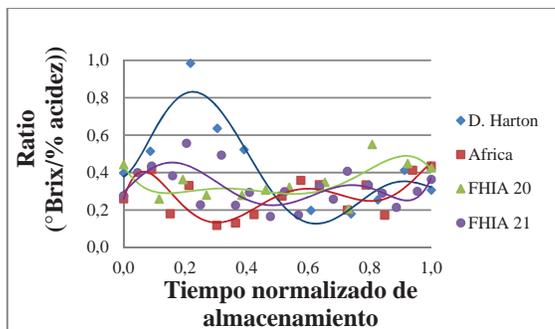


Figura 3. Ratio ($^{\circ}$ Brix/ $\%$ de acidez) durante la maduración de las cuatro variedades

comportamiento, en donde se observa una disminución de la firmeza tanto de la pulpa como de la cascara (ver figuras 1 y 2) a medida que avanza el periodo de maduración. (Beltran *et al.*, 2010), afirman los mismos comportamientos en sus estudios. En la figura 3, se observa un comportamiento similar del ratio en las cuatro variedades, el *FHIA 20* fue la variedad que más estable se comportó a esta relación, sin embargo, al final del almacenamiento (sobremadurez) se puede concluir que las cuatro variedades presentan valores muy cercanos entre sí. A medida que transcurre la maduración los $^{\circ}$ Brix aumentan y la

acidez también, pero de manera menos marcada; al inicio las variedades presentaron valores de $^{\circ}$ Brix entre 4 y 7, y acidez del orden de 10^{-2} y al final del proceso valores entre 23 y 27 para los $^{\circ}$ Brix y la acidez del orden de 10^{-1} . Teniendo en cuenta el comportamiento mostrado en las anteriores figuras, se adopta la convención de tomar tres estados de maduración: “verde”, “maduro” y “sobremaduro”. Según la prueba de Wilson, los p-valor de las interacciones entre las variedades y estados de maduración están por debajo de 0,05, lo que indica una incidencia de esa interacción sobre cada una de las propiedades

medidas (firmeza en pulpa, firmeza en cascara y ratio).

CONCLUSIONES

Aunque las cuatro variedades de plátano presentaron una tendencia similar durante el periodo de maduración, se debe resaltar que cada una presentó cambios en momentos diferentes, identificando así estados de maduración verde, maduro y sobremaduro en diferentes tiempos. El FHIA 21, fue la variedad que más se demoró para llegar al final de la etapa de maduración (44 días), seguido del África, FHIA 20 y D. Hartón (33, 26 y 23 días respectivamente), de esta manera se concluye también que en este mismo orden se conservan las variedades durante más tiempo en estado verde y que una vez alcanzado el estado maduro y sobremaduro se conservan en tiempos similares.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltran, D., J. Velasquez y G. Giraldo. 2010. Caracterización fisicoquímica de la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*). Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Química, Laboratorio de Diseño de Nuevos Productos, Grupo de Investigación: Agroindustria de frutas tropicales. 20: 166-170.
- Castellanos, F. y J. Lucas. 2011. Caracterización física de variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. *Acta Agronomica* 60 (2): 176-180.
- F.A.O. FAOSTAT. 2014. Producción mundial de alimentos. En: producción por país y producto, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Febrero 2014. consulta enero 2014.
- Gonzales, H., R. Luna, y F. Quintero. 2006. Respuesta del plátano África 1 a la fertilización edáfica con nitrógeno y potasio. *Agronomía (Universidad de Caldas)* 14 (1): 81-88.
- Guzmán, O. y J. Castaño. 2009. Reacción de los híbridos de plátano FHIA-20 y de banano FHIA-23 a las sigatocas negra (*Mycosphaerella jansis* MORELET) Y AMARILLA (*Mycosphaerella musicola* LEACH). *Agronomía (Universidad de Caldas)* 17 (1): 35-4.3.

Modelado del Cambio de Textura Durante la Congelación de Papa Criolla

Modeling of Texture Changes in the Freezing of Golden Potato

Rolando Mendoza-Rincón¹; Aníbal Herrera Arévalo²

1 Ingeniero Químico, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos Universidad Nacional. E-mail: rmendoza@unal.edu.co.

2 Profesor Asociado Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. E-mail: aoherrera@unal.edu.co

Resumen. El objetivo de este trabajo fue modelar el cambio de textura durante el proceso de congelación de papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo phureja). Se realizaron procesos de congelación con aire a temperaturas de -20, -30 y -40 °C y velocidades de 0 km h⁻¹, 10 km h⁻¹ y 20 km h⁻¹. Los tratamientos de congelación con aire a -30 °C con una velocidad de 20 km h⁻¹ y de -40°C a 10 km h⁻¹ y 20 km h⁻¹, mostraron que el cambio de textura varía en un intervalo del 5 al 7%, mientras que con procesos de congelación con velocidad nula de aire éste cambio llega a un 14%. El cambio de textura se modeló con una cinética de primer orden con respecto a la velocidad de descenso de la temperatura en el centro térmico de la papa criolla.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* phureja group, propiedades físicas, cinética.

Abstract. The objective of this work was to model the texture change during the freezing process of golden potato (*Solanum tuberosum* phureja group). A freezing process with air at temperatures of -20, -30 y -40 °C and air speeds of 20 km h⁻¹ and 30 km h⁻¹ were performed. The freezing treatments with air at -30°C and air speeds of 20 km h⁻¹ and 40°C at air speeds to 10 km h⁻¹ and 20 km h⁻¹ showed that the texture change varies in a range between 5 to 7% while the freezing process with zero air velocity this change is about to 14%. The texture change was modeled with a first order kinetics with respect to the rate of temperature decrease in the thermal center of golden potato.

Key words: *Solanum tuberosum* phureja group, physical properties, kinetics-

INTRODUCCIÓN

Los tejidos de las plantas poseen una estructura celular semirrígida que tiene baja resistencia a la expansión de los cristales de hielo, a causa de esto, sufren daños irreversibles

que se deben a cuatro procesos: el daño por exposición a bajas temperaturas, la deshidratación debida a la presión osmótica ejercida por el incremento de la concentración de solutos en la fracción de agua sin congelar y el daño mecánico debido al crecimiento de los cristales de hielo. Debido a estos fenómenos se genera un detrimento de atributos que transmiten la sensación de frescura de los alimentos (Sun y Li, 2003). Para producir productos vegetales congelados se prefieren usar procesos IQF (Congelación Rápida Individual) que se refieren a cualquier método de congelación que produzca pequeños cristales de hielo y que además evite que las piezas del alimento se adhieran unas a otras (Jalte *et al.*, 2009). El modelado de procesos es una herramienta que facilita el análisis y optimización de las etapas del proceso. El tiempo de congelación y la calidad de la alimento dependen de la diferencia de temperaturas entre la matriz del alimento y el fluido que los circunda así como de la velocidad de este último. El presente trabajo tiene como objetivo simular el cambio de textura de la papa criolla debida a la congelación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con tubérculos enteros de papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo *phureja*) variedad Colombia (diámetro: $2,7 \pm 0,3$ cm, gravedad específica: 1,088 y materia seca: 22,5 %), provenientes del municipio de Une (Colombia, $4^{\circ} 24'$ lat. norte y $74^{\circ} 02'$ long. oeste, a 2,376 msnm y temperatura media de 16°C). Los tubérculos fueron escaldados con vapor saturado por 8 min y se dejaron enfriar y secar a temperatura ambiente. Muestras de 3 kg se sometieron a congelación a temperaturas de -20 , -30 y -40°C mediante aire forzado a velocidades de 0, 10 y 20 km h^{-1} . Los perfiles de temperatura fueron obtenidos mediante la inserción de termocuplas tipo K dentro del alimento. Para la determinación de textura se descongelaron 250 g de cada muestra hasta temperatura ambiente. Se determinó la fuerza máxima de penetración mediante un analizador de textura (Texture Analyzer TA – XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra), usando un punzón cilíndrico de 2 mm de diámetro de punta achatada (P2), una celda de carga de 20 N, que atravesó las muestras a una velocidad de 5 mm min^{-1} a una distancia de 5 mm. El cambio de textura se modeló mediante una expresión cinética empírica que se muestra en la Ecuación 1.

$$-\frac{d(T_x)}{dt} = k_i \left| \frac{\partial T}{\partial t} \right|_{r=0}$$

En donde k es la constante cinética, T_x es el valor de textura en función del tiempo, $\left| \frac{\partial T}{\partial t} \right|_{r=0}$ es el valor absoluto de la velocidad de enfriamiento del centro térmico de la papa ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$), éste se calculó mediante diferenciación numérica de los perfiles de temperatura en el centro del tubérculo.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Perfiles de temperatura. Los perfiles de temperatura (Figura 1), empiezan desarrollándose de manera rápida para ralentizarse de forma casi abrupta desde el punto de congelación. A una temperatura 10°C por debajo del punto de congelación, la velocidad de cambio de temperatura vuelve a acelerarse (Figura 2). Se considera que una congelación rápida se alcanza con velocidades de congelación superiores a $-2^{\circ}\text{C min}^{-1}$ (Alvarez *et al.*, 1997), esta condición se logra con una temperatura del aire de -40°C y una velocidad mínima de aire de 20 km h^{-1} .

Cambio de textura. La diferencia presentada entre los datos experimentales y el modelo de cambio de textura (Figura 3), se debe posiblemente a que no se tuvo en cuenta la variación de la densidad, lo cual puede ocasionar tensiones en el alimento (Pham *et al.*, 2009), sin embargo, se obtuvieron modelos con coeficientes de correlación superiores a 0,9, lo cual sugiere que la principal razón por la que varía la textura es la velocidad de congelación (Luscher *et al.*, 2005). Las constantes cinéticas (Tabla 1), tuvieron valores más bajos para condiciones en las que la congelación se realiza de manera más rápida. La congelación con aire forzado a una temperatura de -30°C a una velocidad de 20 km h^{-1} y a una temperatura de -40°C a velocidades de 10 km h^{-1} y 20 km h^{-1} fueron los tratamientos que menos variación en su textura mostraron, lo cual es corroborado por los bajos valores de las constantes cinéticas de cambio de textura y por los elevados gradientes de descenso en la temperatura, que estuvieron en algunos intervalos de tiempo entre 2 y $3,5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ (Figura 2).

CONCLUSIONES

La textura se modeló como un proceso de cambio de primer orden con respecto a la velocidad de congelación del centro térmico de la papa criolla obteniéndose coeficientes de correlación que oscilaron entre 0,65 y 0,98. Los procesos de congelación que afectaron en menor medida la textura de la papa fueron los realizados con circulación forzada de aire de 20 km h^{-1} a una temperatura de -30°C y una temperatura de -40°C a velocidades de 10 km h^{-1} y 20 km h^{-1} .

Tabla 1. Parámetros cinéticos del cambio de textura durante el proceso de congelación de tubérculos de papa criolla.

Temperatura del aire (°C)	-20			-30			-40		
Velocidad del aire (km h-1)	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Consta cinética de degradación de textura (g °C-1)	5,69	2,45	1,88	4,03	2,46	0,97	2,69	0,45	0,31
Coefficientes de correlación (r2)	0,81	0,97	0,72	0,72	0,91	0,72	0,78	0,65	0,98

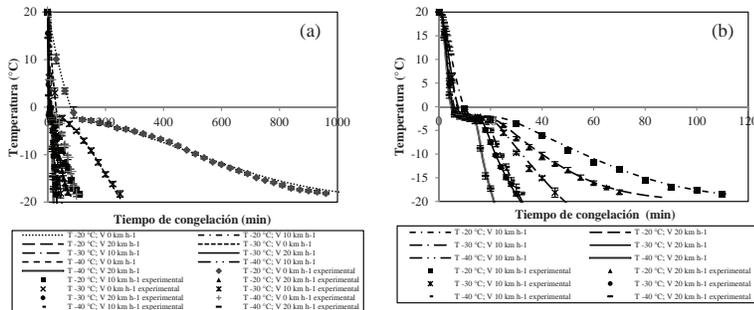


Figura 1. Perfiles de temperatura durante el proceso de congelación de tubérculos de papa criolla de 2,7 cm de diámetro; (a) todos los datos; (b) congelación con circulación forzada de aire.

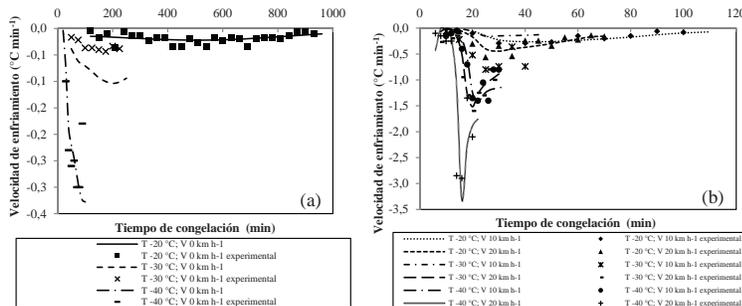


Figura 2. Gradiente de la velocidad de congelación en el centro térmico de la papa criolla entera. (a) procesos con convección libre (0 km h-1); (b) procesos con convección forzada.

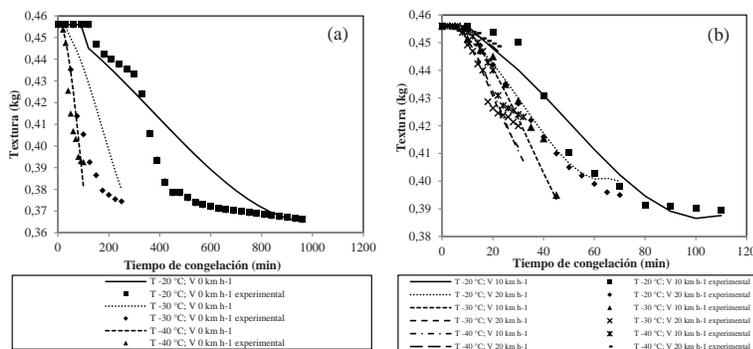


Figura 3. Cambio de textura durante el proceso de congelación de papa criolla entera. (a) procesos con convección libre (0 km h-1); (b) procesos con convección forzada

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), a la Asociación de Fomento Hortofrutícola (ASOHFRUCOL) y a la Federación de Productores de Papa (FEDEPAPA) por la financiación de esta tesis en el marco del proyecto de investigación “*Diseño, desarrollo y evaluación de procesos de transformación de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) para la industria alimenticia*”.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, M.D and W. Canet. 2000. “Kinetics of softening of potato tissue by temperature fluctuations in frozen storage”. *Eur Food Res Technol* 210: 273–279.
- Jalte, M., J.L. Lanoisellé, N.I Lebovka and E. Vorobiev. 2009. “Freezing of potato tissue pre-treated by pulsed electric fields.” *LWT - Food Science and Technology* 42(2): 576–580.
- Luscher, C., O. Schlüter, and D. Knorr. 2005. High pressure–low temperature processing of foods: impact on cell membranes, texture, color and visual appearance of potato tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6(1): 59–71.
- Pham, Q.T., J. Paterson, and A. McKellar. 2009. “A comparison of two models for stresses and strains during food freezing.” *Journal of Food Engineering* 95(1): 142–150.
- Sun, D.W and B.Li. 2003. Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. *Journal of Food Engineering* 57(4): 337–345.

Cambios de Color Durante el Secado por Aire Caliente de Estrellas de Carambolo (*Averrhoa carambola*)

Change Color During Hot Air Drying of Carambola Stars (*Averrhoa carambola*)

Nidia Casas Forero¹; Sirleny González ²; Adriana Espinosa Vargas³

1 Ingeniera de Producción Agroindustrial. Magister en Diseño y Gestión de Procesos. Docente Programa Ingeniería de Alimentos. Uniagraria, Bogotá. Colombia. casas.nidia@uniagraria.edu.co

2 Estudiante Ingeniería de Alimentos. Uniagraria. Bogotá. Colombia. gonzalez.sirleny@uniagraria.edu.co

3 Estudiante Ingeniería de Alimentos– Uniagraria. Bogotá. Colombia. espinosa.adriana@uniagraria.edu.co

Resumen. El color de los alimentos es un factor clave en la evaluación de la calidad, por tanto este trabajo busca evaluar los cambios en color de estrellas de carambolo por efecto de la temperatura de secado convectivo: 60 y 70°C; empleando dos espesores iniciales: 5 y 10 mm. El seguimiento del color durante el tiempo de secado se realizó empleando análisis de imágenes, para determinar L^* , a^* , b^* y ΔE . Los resultados mostraron que la temperatura tiene un efecto significativo en la Coordenada L^* , siendo menor cambio a la temperatura de 60°C, pero frente a la diferencias de color (ΔE), la temperatura no presenta efecto indicando que la variación de color presentada puede estar influenciado por pardeamiento no enzimático y la destrucción del pigmento.

Palabras clave: Color, secado convectivo, carambolo.

Abstract. The color of food is a key factor in assessing the quality, so this paper seeks to assess changes in color of carambola stars due to the convective drying temperature: 60 to 70 ° C; using two initial thicknesses: 5 and 10 mm. Monitoring the color during the drying time was performed using image analysis, to determine L^* , a^* , b^* and ΔE . The results showed that temperature had a significant effect on the coordinate L^* , being smaller change at the temperature of 60 ° C, but opposite the color differences (ΔE), the temperature has no effect indicating that the color variation presented can be influenced by non-enzymatic browning and destruction of pigment.

Key words: Color, convective drying, carambola.

INTRODUCCIÓN

El carambolo (*Averrhoa carambola* L.) es una fruta exótica, su pulpa tiene un color amarillo, translúcida, crujiente y jugosa (Tello, 2002) y altamente apetecida por sus características sensoriales características, lo cual la hace atractiva para obtener gran variedad de productos procesados que permitan extender su vida útil, dentro de los cuales cabe destacar el secado.

El secado por aire caliente es la técnica más ampliamente

utilizada, sin embargo, el incremento de la temperatura puede llegar a afectar la calidad del producto principalmente en características como la textura, sabor y el color (Nicoletti *et al.*, 2001) generando pérdida de valor comercial del producto. Se han realizado varios estudios donde evalúan el efecto del secado en el cambio de color de diferentes frutas como: plátano, kiwis, piña, manzanas, duraznos y berries. Por tanto, el presente trabajo pretende evaluar el cambio en color de estrellas de carambolo durante el proceso de secado por aire caliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Carambolo (*Averrhoa carambola*) obtenido del mercado local, se almacenó a 16°C hasta su uso por máximo 48h El carambolo fue pelado y cortado transversalmente con dos espesores 5 y 10 mm. Las muestras fueron sometidas a secado por convección con aire caliente durante 8h a 60 y 70°C, empleando un horno de convección forzada a gas (Javar®). El peso fue registrado cada hora empleando una balanza Javar® con una sensibilidad de ± 10 g. Los cambios en el color se midieron cada hora de proceso, empleando análisis de imágenes con una cámara digital (Panasonic® DMC – ZS30), con iluminante D65, y un ángulo de inclinación de 45° entre las lámparas y la muestra. El color fue cuantificado con el programa Image J®, obteniendo las coordenadas RGB que fueron transformadas al sistema CIE $L^*a^*b^*$ empleando el programa easyRGB®, a partir del cual se obtuvieron la luminosidad, la coordenada a^* y la coordenada b^* . Los experimentos se realizaron por triplicado y los datos obtenidos se expresaron en términos de media \pm desviación estándar. El análisis estadístico se realizó con una prueba de significancia ANOVA con un $\alpha=0,05$ con un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de secado. La humedad de las estrellas de carambolo en estado fresco es de 94,9% $19,83 \pm 2,25$ g H₂O/g p.s., y después de 8h de secado, el contenido de humedad descendió entre 0,2 a 3,5 g H₂O/g p.s., según las condiciones

de secado como se muestra en la Figura 1. La cinética de secado indica que la temperatura tiene un efecto directo en los cambios en el contenido de humedad, resultados similares se han observado en curvas de secado de papaya (Muñiz, 2013) y manzana (Schultz *et al.*, 2007).

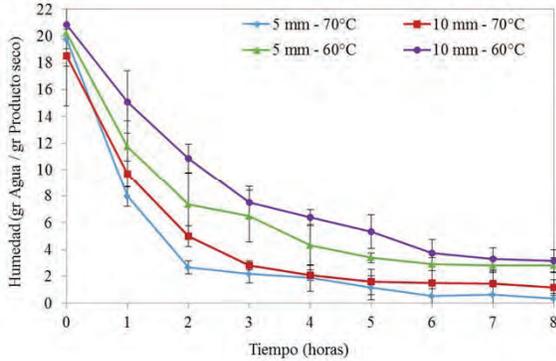


Figura 1. Cinética de secado de estrellas de carambolo a 60 y 70 °C.

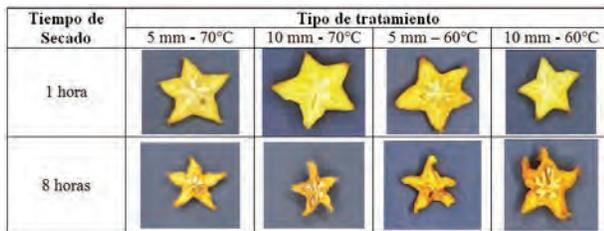


Figura 2. Imágenes de carambolo deshidratado después 1 y 8 horas de secado.

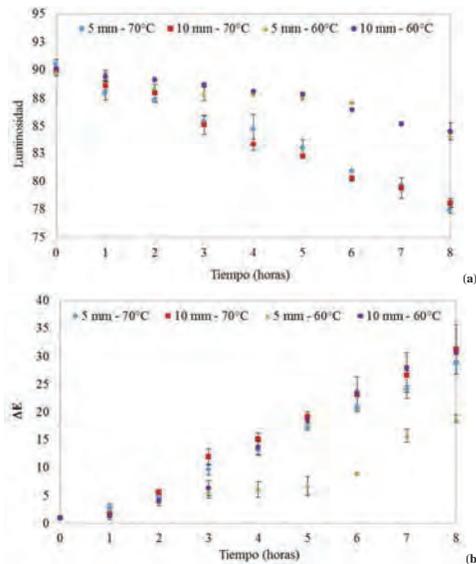


Figura 3. Cambios en Luminosidad L* (a) y la Coordenada b* (b) de estrellas de carambolo durante el secado a 60 y 70°C.

Análisis de color. El carambolo fresco presenta un color amarillo brillante: coordenadas de color L* 90,07, a* - 8,33 y b* 48,63, el cual cambia en función de la temperatura de secado y del espesor de la muestra (Figura 2), mostrando una tendencia más clara tendiendo a tonalidades rojas, debido a la degradación de los pigmentos principalmente carotenoides presentes en la fruta

Los cambios en los valores del parámetro L* durante el proceso de secado se muestran en la Figura 3, donde se evidencia que con el incremento de la temperatura y el tiempo de secado las estrellas de carambolo se fueron oscureciendo, lo que corresponde a una disminución en el valor de L*, mientras la variación en el espesor de las muestras no tienen efecto significativo ($p < 0,05$).

Para establecer el cambio total del color en las muestras de carambolo, se determinó la diferencia de color (ΔE), la cual combina los parámetros L*, a* y b*. El valor de ΔE aumenta con el tiempo de proceso y no se evidencia un efecto significativo por el incremento en la temperatura. Comportamiento que coincide con lo reportado por Edoun *et al.*, (2014), en rodajas de piña; así mismo este autor indica en su estudio, que algunos autores han mostrado que el cambio en ΔE son influenciados por pardeamiento no enzimático y la destrucción del pigmento - carotenoides.

CONCLUSIONES

El cambio de color evaluado con el parámetro diferencia total de color (ΔE) muestra correlación directa con el tiempo y la velocidad de secado, siendo la condición de secado 70°C y la muestra con un espesor de 5mm, la que permite obtener un producto con mejores características de calidad y una mejor percepción sensorial.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Universitaria Agraria de Colombia por permitir el uso de los laboratorios.

BIBLIOGRAFÍA

- Edoun, M., A. Kuitche and G. Francois. 2014. Effect of Thermal Process and Drying Principle on Color Loss of Pineapple Slices. *American Journal of Food Science and Technology* 2(1): 17-20.
- Muñiz, S., A. Hernández, A. García y L. Méndez. 2013. Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya* L.), variedad Maradol roja. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22 (5): 31-37.
- Nicoletti, J. F., J. Telis-Romero and V. R. N. Telis. 2001. Air-drying of fresh and osmotically pre-treated pineapple slices: fixed air temperature versus fixed slice temperature drying kinetics. *Drying Technology* 19 (9): 2175-2191.
- Schultz, E.L., M.M. Mazzuco, R.A.F. Machado, A. Bolzan, M.B. Quadri and M.G.N. Quadri. 2007. Effect of pre-treatments on drying, density and shrinkage of apple slices. *Journal of Food Engineering* 78 (3): 1103-1110.
- Tello, O., R. García y O. Vásquez. 2002. Conservación de *Averrhoa carambola* "Carambola" por azúcar y calor. *Revista Amazónica de*

Análisis Correlacionales de Pearson Durante el Procesamiento de Panificación de la Harina de Trigo

Pearson Correlational Analyzes During Baking Processing of Wheat Flour

Luis Miguel Mejía Giraldo¹, Jairo Montoya López² y Juan Carlos Lucas Aguirre³

1 Docente del Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad La Gran Colombia. mejiairluis@miugca.edu.co

2 Docente del Programa de Química. Universidad del Quindío. jmontoya@uniquindio.edu.co

3 Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío. jclucas@uniquindio.edu.co

Resumen. El presente estudio se basa en el análisis correlacional de propiedades físicas, químicas y estructurales de la harina de trigo, masa y pan con el fin identificar y determinar sus variaciones alimentarias y de establecer el grado de relación entre variables para las muestras bajo estudio; la caracterización de los contenidos mínimos de los componentes de las tres muestras, mediante un análisis de correlación de Spearman así como análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que la masa es la muestra que presenta mayor estabilidad. Se aprecia, además, que al caracterizar física y químicamente las muestras de harina de trigo comercial, en la masa y el pan se corroboró no hay diferencia significativa en cuanto a las variables evaluadas en los tres aspectos mencionados.

Palabras clave: Harina de trigo, vitaminas, minerales.

Abstract. This study is based on the correlational analysis of physical, chemical and structural properties of wheat flour, dough and bread in order to identify and determine their food variations, in order to establish the degree of relationship between variables for the samples under study; characterization of the minimum contents of the components of the three samples, using a Spearman correlation analysis and analysis of variance (ANOVA), where it was found that the mass is the sample that is more stable. It also shows that the physical and chemically characterize samples of commercial wheat flour, dough and bread was corroborated no significant difference in the variables evaluated in three aspects.

Key Words: Wheat flour, vitamins and minerals.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades nutricionales del pan, están influenciadas por la concentración de vitaminas y minerales. El enriquecimiento de la harina de trigo es una de las estrategias más importantes para aumentar la ingesta de biomoléculas de importancia para la salud pública y mejorar el estado de nutrición de las personas, de forma continua y auto sostenida (Sunny, 2005). La determinación de las propiedades físicas, químicas y estructurales de la harina de trigo y la masa (Wang *et al.*, 2004);

se efectuaron con el fin evaluar y determinar sus variaciones alimentarias.

Escuchar - Leer fonéticamente
Diccionario - Ver diccionario detallado

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de harina de trigo de uso comercial para obtención de pan marca comercial Farayones, masa elaborada y pan se analizaron en su composición química (Mestres *et al.*, 1988), usando los métodos de contenido de humedad Norma Técnica Colombiana, NTC 282, contenido de minerales NTC 282, contenido de proteína método NTC 282, contenido de grasa NTC 668, contenido de fibra NTC 668, el contenido de carbohidratos se hizo por diferencia y el valor calórico por cálculo. La determinación de color se realizó en un medidor de color Minolta, la determinación de Aw con un equipo de medición por punto de rocío marca registrada Aqualab, la determinación de vitaminas del complejo B se realizó con un cromatógrafo líquido marca Perkin-Elmer series 200, inyector manual equipado con reguladores de volumen de 20 y 100 μ L, columna C18, así como un detector UV-VIS, programado a una longitud de onda de 271 nm y la determinación de minerales mediante un espectrómetro GBC Referencia SensAA.

Análisis estadístico. Los datos para el análisis estadístico fueron organizados y procesados utilizando el sistema STATGRAPHICS CENTURION con el fin de evaluar el efecto sobre las diferentes características para las muestras, sumados a análisis estadísticos descriptivos como fueron medidas de tendencia central y de variabilidad, respectivamente.

Por otro lado, se llevaron a cabo análisis de correlación de rangos de Spearman, con el fin de determinar el grado de relación entre variables para las muestras bajo estudio; teniéndose en cuenta que dichas correlaciones oscilan entre -1 (correlación negativa fuerte, relación inversa) y +1 (correlación positiva fuerte, relación directa).

Sumado a los análisis anteriores se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado, cuyo modelo es:

$$y_i = \mu + T_i + \varepsilon_i$$

Donde:

- y_i : Variable Respuesta, para el presente estudio Aw y Color,
 T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento, para este caso la harina, masa y pan, respectivamente
 ε_i : Error experimental atribuido al i-ésimo tratamiento

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se realiza el análisis de correlación se observó que el Calcio presenta una correlación altamente significativa y negativa con respecto a humedad y actividad de Aw (correlación=-1, Valor P=0,0000), mientras que fue altamente significativa y positiva con respecto a Carbohidratos Valor calórico (Correlación=1, Valor P=0,0000). Por otro lado, Aw presenta correlaciones positivas con Humedad y Minerales (Correlación=1, valor P=0,0000), pero negativa con respecto a la proteína (Correlación=-1, Valor P=0,0000), siendo éstas las correlaciones de mayor relevancia encontradas en el presente estudio.

En la Figura 1 se presentan el resultado de los análisis correlacionales en cuanto a a_w , humedad, color, fibra, proteína, grasa, minerales, carbohidratos, valor calórico, calcio, hierro, vitamina B1, B2, B3 y ácido fólico de la harina de trigo, masa y pan; los análisis descriptivos para harina, masa y pan muestran valores estandarizados y la asimetría se encuentran dentro del rango esperado (figura 1), en la cual se puede apreciar que la masa es la muestra que presenta mayor estabilidad, u homogeneidad interna en las variables, en el caso de la harina y el pan se presentan unos picos que denotan cambios bruscos o dramáticos en las diferentes variables.

Los valores de la actividad de agua muestran la fracción del contenido de agua total de las muestras que está libre, y en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad, el análisis de los datos efectivamente demostró que la muestra más vulnerable es la masa, obteniendo valores de 0,97, lo cual fue altamente significativo al realizar el respectivo Análisis de varianza (Valor P= 0,00001). Los valores de aw obtenidos están relacionados

directamente con la textura de las muestras. Las muestras con una aw elevada como es el caso de la masa 0,97 y el pan 0,9357 tienen una textura más jugosa, tierna y masticable. En cambio, la harina con un valor de aw de 0,651 demuestra la textura propia de las harinas; sí su aw aumenta, la textura cambia, produciéndose el reblandecimiento de la harina (Valor P= 0,00001). El color es un atributo importante tanto para la harina como los productos elaborados a base de ella (Francis *et al.*, 1975). La apreciación de esta cualidad puede dar lugar a ideas preconcebidas acerca de otros factores de calidad como son el sabor y el aroma. Los resultados obtenidos muestran al cambio de color de la masa y el pan, respecto a la masa que en este caso hace de blanco, los valores obtenidos demuestran como la masa adquirió un valor de color significativa (Valor P=0,00001), diferente al de la harina y en el caso del pan, el cambio es más representativo.

CONCLUSIÓN

Para el caso de a_w y la humedad, se aprecia un efecto altamente significativo para la harina, el pan y la masa, bajo una confiabilidad del 99%. Se aprecia una relación entre la textura del material y a_w , donde el mayor a_w se presenta cuando se encuentra en masa.

Cuando se realizan los análisis de varianza (ANOVA) de la harina, se denota que hay un efecto altamente significativo de las tres variables, aw, color y humedad en función del tipo; el análisis muestra la proyección para todas y cada una de las variables, resaltando y ratificando la estabilidad interna que presenta la masa; se aprecia una alta inestabilidad en la fase harina, una buena estabilidad en la masa y aunque hay inestabilidad en el pan, esta es más estable que la harina.

BIBLIOGRAFIA

- Sunny, K. 2005. OPS, "Código de prácticas para la fabricación de premezclas alimenticias". Unidad de Nutrición. Área de Salud Familiar y Comunitaria. Washington D.C.
Wang, L.Z. and P.J. White. 1994. Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*. 71(5): 263-268.
Mestres, C., P. Colonna and A. Buleon. 1988. Gelation and crystallisation of maize starch after pasting, drum-drying and extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*. 7(2): 123-134.
Francis, F.J. and F.M. Clydesdale. 1975. Food colorimetry: Theory and applications. *Molecular Nutrition and Food Research*. 21(1): 90-91.

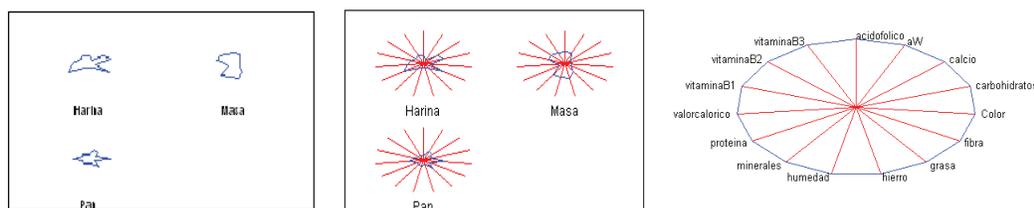


Figura 1. Análisis correlacionales.

Quantificación de Algunos Parámetros Físicoquímicos de Miel de Abejas Procedentes de 9 Municipios del Departamento del Quindío

Quantification of some Physicochemical Parameters of Honey Bees from 9 Municipalities of the Department of Quindío

Jairo Montoya López¹; Víctor Hugo García Merchán² y Juan Carlos Lucas Aguirre³

1 Docente del Programa de Química. Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.
jmontoya@uniquindio.edu.co

2 Docente del Programa de Biología. Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.
victorhgarcia@uniquindio.edu.co

3 Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.
jclucas@uniquindio.edu.co

Resumen. El Quindío se destaca como un pequeño productor de miel, producto muy apetecido en el mercado nacional, haciendo cada vez más importante controlar la calidad de las mieles que se producen y comercializan en y desde el departamento. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización físicoquímica de la miel producida por 13 apiarios del departamento del Quindío. Los valores promedio obtenidos en las trece muestras fueron: índice de refracción 14,90%, acidez libre 49,99 meq/kg, lactona 10,28 meq/kg, acidez total 39,70 meq/kg y relación lactona-acidez libre 0,22.

Palabras clave: Miel de abejas, análisis físicos, reglamento técnico de la miel, NTC 1273

Abstract. Quindío stands out as a small producer of honey, an appreciated product in the national domestic market, making increasingly important to control the quality of honey produced and sold in and from the department. The aim of this study was to analyze honeys from 13 apiaries in the department of Quindío. The average values obtained in the thirteen samples were: 14.90% refractive index, free acidity 49.99 meq / kg, lactone 10, 28 meq/kg, total acidity 39.70 meq / kg and free lactone-acid ratio 0.22.

Key words: Honey bee, physical analysis, Technical Regulations Honey, NTC 1273.

INTRODUCCION

La miel de abejas es uno de los alimentos energéticos de gran importancia para la dieta humana ya que suministra carbohidratos de fácil digestibilidad. Por ser un producto natural de consumo creciente en la actualidad, se considera pertinente realizar un estudio de los parámetros establecidos para evaluar su calidad. El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, en el año 2012, actualizó la norma que establece los

requisitos que debe cumplir la miel para consumo humano e industrial, la Norma Técnica Colombiana NTC 1273. Hoy en día, con el Reglamento Técnico de la Miel de Abejas oficializado mediante la Resolución N° 00001057 de 2010 del Ministerio de Salud, el auge en la producción de miel en el departamento hace necesario la caracterización físicoquímica (Silva *et al.*, 2004) de las mieles con el fin de hacer valer sus parámetros en el mercado. El objetivo de este trabajo fue analizar las mieles obtenidas en los nueve municipios del departamento, donde, para garantizar representatividad, se contó con una muestra de miel por cada uno de ellos. Khan *et al.*, (2009), reportan que la ubicación del apiario garantiza un buen desempeño apícola; sin embargo, todavía se sigue requiriendo información sobre su caracterización físicoquímica de las mieles producidas (Sodré *et al.*, 2007); además, Silva *et al.*, (2004) aclara que cuando se trabaja con miel es común encontrar variaciones en la composición físicoquímica. El objetivo de este trabajo fue realizar la determinación físicoquímica de la miel producida por 13 apiarios del departamento del Quindío. Las muestras de miel fueron sometidas a análisis de índice de refracción, acidez libre, lactona, acidez total y la relación lactona-acidez libre.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de las muestras se adelantó en el departamento del Quindío con el fin de observar y analizar el trabajo cotidiano de los apicultores y la obtención de las muestras de miel de abejas a analizar; en total se recolectaron 13 muestras procedentes de nueve municipios; las muestras de las mieles se llevaron al laboratorio donde se almacenaron en un lugar seco y protegidas de la luz a una temperatura aproximada de 18°C hasta la realización de los análisis físicoquímicos; de cada una de las muestras se tomaron tres submuestras y se analizaron de acuerdo a las pruebas de calidad seleccionadas.

Los análisis fisicoquímicos que se realizaron a las mieles fueron: Acidez libre: Titulación con NaOH; según (método 29.130 de la Asociación Oficial de Químicos Analistas AOAC), Lactona: Titulación con HCl; según (método 29.130 de la AOAC), Acidez total: Titulación con NaOH; según (método 29.130 de la AOAC), Lactona/acidez libre: Realizado según; (método 29.130 de la AOAC) e Índice de refracción: Medido directamente utilizando un refractómetro de Abbe con cuerpo de prisma normal (CARL ZEISS JENA). (Según método 31.119 de la AOAC). Este experimento corresponde a un Diseño Completamente al Azar. Se realizó un reconocimiento de la mayoría de apiarios existentes en el departamento del Quindío en aras de diseñar

y definir un código de buenas prácticas apícolas pertinente para la región. De cada una de las muestras se tomaron tres submuestras y se analizaron de acuerdo a las pruebas de calidad seleccionadas. Inmediatamente después de analizadas las 13 muestras de miel se realizó un análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados medios, las desviaciones estándar y los coeficientes de asimetría de los análisis físicos realizados a las trece muestras de miel obtenidas de los apiarios ubicados en el departamento del Quindío. El nivel de confianza corresponde a 95%.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos de mieles de abejas de nueve municipios ubicados en el departamento del Quindío.

Muestra	Índice de Refracción	Acidez libre meq/Kg	Lactona meq/Kg	Acidez total meq/Kg	Lactona/acidez libre
1	1,4891	61,91	6,93	54,98	0,112
2	1,4879	60,00	10,17	49,83	0,170
3	1,4920	42,71	10,00	32,71	0,234
4	1,4909	51,92	10,00	41,92	0,193
5	1,4910	23,26	8,19	15,07	0,352
6	1,4899	51,05	10,41	40,64	0,204
7	1,4934	52,92	17,48	35,44	0,330
8	1,4908	45,70	11,67	34,03	0,255
9	1,4835	50,33	12,20	38,13	0,242
10	1,4881	58,50	7,44	51,06	0,127
11	1,4919	55,18	8,42	46,76	0,153
12	1,4880	44,67	8,78	35,89	0,197
13	1,4905	51,65	11,96	39,69	0,232

El contenido de acidez libre varía entre 23,26 – 61,91 meq/kg, con un valor promedio de 49.98meq/kg. Se observan mieles con valores superiores a 50 meq/kg de acidez libre, que es el valor máximo estipulado por norma aplicable. (Sodré *et al.*, 2007) encontraron un rango de variación entre 10 - 42 meq/kg para algunas mieles de Brasil, igualmente (Bertoldi *et al.*, 2007) reportó un rango más amplio, entre 18,13 a 61,44 meq/kg. La amplia variación en la acidez observada en las muestras

se relaciona posiblemente con el néctar de las flores de donde proviene o en menor medida a las condiciones del suelo. Algunos autores (Crane, 1983; Andrade, 2006; Sodré *et al.*, 2007; Schlabit *et al.*, 2010) informan que la acidez es un parámetro que ayuda en la evaluación del nivel de deterioro de la miel; además, (Alves *et al.*, 2005) han señalado que la acidez de las mieles es importante para impedir el crecimiento de microorganismos. Los valores promedios de índice de refracción

y lactona se encuentran dentro de los parámetros propuestos por la comisión internacional de la miel (Vit *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

Las mieles analizadas mostraron valores fisicoquímicos promedios de índice de refracción 14,90%, acidez libre 49,99meq/kg, lactona 10,28meq/kg, acidez total 39,70meq/kg y relación lactona-acidez libre 0,22, desatando el alto valor en la acidez libre de algunas muestras. Todas las mieles analizadas respondieron tanto a la NTC 1273 como al Reglamento Técnico de la Miel de Abejas para consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- Alves R, C. Carvalho, B. Souza, G. Sodre and L. Marchini. 2005. Características Físico-Químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae). Cien. Technol. Alim. 25: 644-650.
- Andrade, E. 2006. Análise de alimentos, uma visão química da nutrição. Varela. São Paulo, Brasil. 274 p.
- Association of Official Analytical Chemists AOAC. 1997. Official methods of analysis of AOAC international. Dieciseisava edición. AOAC, Maryland, USA.
- Bertoldi, F., V. Reis, L. Gonzaga and C. Congro. 2007. Caracterização físico-química e sensorial de amostras de mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidas no pantanal. Evidência 7: 63-74.
- Crane, E. 1983. O livro do mel. Nobel, São Paulo, Brasil. 78 p.
- Khan, A. and V. Matos. 2009. Desempenho da apicultura no estado do Ceará: competitividade, nível tecnológico e fatores condicionantes. Revista de Economia e Sociologia Rural 47: 651-675.
- Schlabitz, C., S. Silva and C. Souza, 2010. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em mel. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial 4: 80-90.
- Silva, C., A. Queiroz and R. Figueirêdo, 2004. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 8: 260-265.
- Silva, C. and K. Melo, 2009. Características físico-químicas de mel produzido em Limoeiro do Norte durante o armazenamento. Revista Caatinga 22: 246-254.
- Sodré, G., L. Marchini, A. Moreti, I. Otsuk and C. Carvalho, 2007. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. Ciência Rural 37: 1139-1144.
- Vit P, M. Medina, E. Enríquez. 2004. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, México and Venezuela. Bee World 85: 2-5.

Incidencia del Empacado al Vacío Sobre las Características Reológicas del Pan de Agua Producto Autóctono

Mariela Hernández¹; Daniel Duran Osorio¹, Maira A. Valencia Díaz¹

1 Grupo de investigación Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL). Departamento de Alimentos, Universidad de Pamplona (Ciudadela universitaria). Pamplona, Norte de Santander, Colombia. e-mail: mhernandez@unipamplona.edu.co; danielduran@unipamplona.edu.co

Resumen. El pan de agua es un producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander) su cocción se realiza artesanalmente, empleado un horno de piedra o ladrillo, lo cual le confiere una corteza crujiente con una miga elástica, características propias del producto. Su producción y venta es diaria debido a que su vida útil es muy corta de 3 a 4 días. Durante este tiempo se presenta envejecimiento produciéndose cambios en las características reológicas como ablandamiento en la corteza y endurecimiento de la miga, perdiendo así su frescura. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características reológicas del pan de agua empacado a vacío con el fin de coadyuvar a evitar su envejecimiento. Para ello, se tomó las muestras de pan de agua de la panadería de mayor tradición, evaluándole las características

reológicas iniciales tales como la firmeza y análisis de perfil de textura (TPA) utilizando un texturómetro (Textura Analyser, TA.Plus). Posteriormente se empacaron 96 muestras de pan de agua a diferentes porcentajes de vacío: 0%, 50%, 65%, 75% empleando una película flexible coextruida, utilizando una empacadora al vacío (Henkovac 1500). Los panes empacados a los diferentes % de vacío se almacenaron durante 30 días a condiciones de laboratorio (17,5±2,0 oC y 66% HR). Como resultado se obtuvo que los diferentes porcentaje de vacío influyen significativamente sobre las propiedades reológicas del pan de agua a excepción de la cohesividad, la cual no presentó esta diferencia, durante el almacenamiento.

Palabras clave: Endurecimiento, firmeza, pan de agua, perfil de textura, envasado, vacío

Abstract. *The pan of water is an indigenous product of Pamplona (Norte de Santander) cooking is done handmade, used a stone or brick oven, which gives it a crispy crust with a rubber crumb characteristics of the product. Its daily production and sales is because life is too short 3 to 4 days. During this time aging occurs producing changes in the rheological properties as softening of the crust and crumb firmness, thereby losing their freshness. Therefore, the objective of this study was to evaluate the rheological characteristics of the water pan vacuum packed in order to help to prevent aging. To do this, samples of water bread bakery took longer tradition, assessing him initial rheological characteristics such as firmness and texture profile analysis (TPA) using a texture analyzer (Texture Analyser, TA.Plus). Subsequently 96 water samples were packed bread different void percentages 0%, 50%, 65%, 75% flexible film by using a co-extruded, using a vacuum packaging (Henkovac 1500). The breads packed in different% vacuum stored for 30 days under laboratory conditions (17.5 ± 2.0 ° C and 66% RH.) It was observed that different void ratio significantly influence the rheological properties of bread water except cohesiveness, which did not show this difference, during storage.*

Key words: Hardening, firmness, water pan, texture profile, packaging, vacuum

INTRODUCCIÓN

En el envejecimiento del pan se producen cambios químicos y físicos que tienen lugar en la corteza y en la miga del pan durante el almacenamiento (Betchtel *et al.*, 1953). Este envejecimiento es provocado por la transferencia de humedad de la miga hacia la corteza por lo tanto se ablanda y se vuelve correosa y, por el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alvéolos, que está asociado con la recristalización del almidón ocasionando el endurecimiento de la miga, la cual se vuelve más dura, seca y desmenuzable (Guy *et al.*, 1983). Todo lo anterior ocasiona la pérdida de frescura y de la calidad del producto horneado, reduciendo así su aceptación por parte del consumidor.

Se han empleado diferentes materias primas con el de retrasar el proceso de envejecimiento (emulgentes, polisacáridos, azúcares, ácidos y el uso de enzimas amilolíticas) e igualmente el empaquetado en atmósfera modificada y empaques activos. Por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la incidencia del empaque al vacío sobre el envejecimiento del pan de agua producto autóctono de Pamplona, Norte de Santander, Colombia

MATERIALES Y MÉTODOS

Pan de agua. Para la ejecución del proyecto se trabajó con 96 muestras de pan de agua de la panadería que produce este tipo de producto desde hace 100 años según Hernández *et al.*, (2008).

Empacado al vacío del pan de agua. Las muestras de pan fueron empacadas a diferentes porcentajes de vacío (0%, 50%, 65%, 75%), empleando una empacadora al vacío y selladora (Henkovac 1500). Por cada porcentaje de vacío se realizaron 8 réplicas empacando tres unidades de pan de agua en bolsa de película flexible coextruida (Alico, 2013). Posteriormente se almacenaron durante 30 días a condiciones de laboratorio ($17,5 \pm 2^\circ\text{C}$ y 66% HR). Los análisis reológicos fueron analizados en el día 0 y en día 30 de almacenamiento de acuerdo a los parámetros establecidos por Hernández *et al.*, (2008).

Evaluación de las características reológicas.

Firmeza. Para determinar la firmeza se tomaron piezas enteras de pan de agua uniformes en su tamaño, peso y color. Se empleó un punzón con terminación esférica de 8 mm de diámetro. Los parámetros de trabajo en el texturómetro (Texture Analyser, TA.Plus, Lloyd Instruments a Trademark of Meter) fueron: fuerza carga 0,5 N, velocidad de desplazamiento del cabezal 50 mm/min, porcentaje de rotura 30 %, detector de rotura 5 N, depresión límite 20 mm, velocidad de penetración 20 mm/s y fuerza de contacto 0,1 kgf.

Análisis de perfil de textura (TPA.) para realizar el TPA se cortaron cubos de miga de pan de agua de la parte central de aproximadamente $4,0 \pm 0,5$ cm de ancho, de largo $3,0 \pm 0,5$ cm y $2,0 \pm 0,5$ cm de altura. El texturómetro se ajustó a parámetros como: número de ciclos 2, velocidad de penetración 150 mm/min, detector de rotura 100 grf y porcentaje de compresión: 50%.

Análisis estadístico. Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando la técnica de análisis de varianza empleando el software SPSS versión 13.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra los resultados reológicos obtenidos. En cuanto a la firmeza de la corteza del pan de agua se puede observar que a medida que aumenta el porcentaje de vacío aumenta el valor. Asimismo, se puede evidenciar que el 0% de vacío es el empaquetado que mejor conserva la firmeza con respecto a las condiciones iniciales del

Tabla 1. Resultados estadísticos del análisis de perfil de textura del pan de agua empacado al vacío y almacenado

VACIO	FIRMEZA (Kgf)	DUREZA1 (N)	DUREZA2 (N)	COHESIVIDAD	ELASTICIDAD (mm)	GOMOSIDAD (N)	MASTICABILIDAD (Kgf.mm)	ADHESIVIDAD (Kgf.mm)
Inicial	1,62±0,03	19,05±7,3b	13,30±4,6b	0,29±0,02	4,57±0,50b	5,64±2,2b	3,32±0,16 b	1,62±0,37b
0%	1,98±0,35b	29,64±5,39a	23,65±4,01a	0,30±0,39	7,12±0,65a	9,28±1,99a	6,90±1,70a	0,36±0,56a
50%	2,48±0,46a,b	34,58±1,62a	27,67±3,27a	0,32±0,06	7,20±0,60a	11,92±2,60a	8,81±2,19a	0,40±0,68a
65%	2,34±0,38ab	33,03±4,14a	26,49±5,31a	0,31±0,06	7,36±0,61a	10,69±2,47a	8,18±2,38a	0,31±0,57a
75%	2,79±0,49a	32,24±5,11a	24,36±4,63a	0,35±0,04	7,06±0,52a	13,13±5,3a	8,57±0,62a	0,34±0,62a
p-valor	0,001	0,000	0,001	0,278	0,000	0,019	0,004	0,031

p ≤ 0,05 Diferencias Significativas. Letras iguales entre columnas no existen diferencias significativas en columna.

producto. Estadísticamente se encontraron diferencias mínimas significativas (95%) entre la firmeza de pan de agua empacada a diferentes porcentajes de vacío (50%,65%,75%) y la firmeza de pan de agua inicial, En cambio la firmeza del pan de agua empacado a estos porcentajes de vacío no son significativos entre sí.

En cuanto al TPA se puede observar que para cada parámetro medido el valor aumenta con respecto a los valores iniciales, exceptuando el parámetro de la cohesividad donde los valores son similares al inicial. De otra parte, se puede ver que entre los porcentaje de vacío utilizado los valores de cada parámetro del TPA son muy similares. El análisis de la varianza mostró que entre los tratamientos de vacío existen diferencias significativas con respecto al valor inicial, caso contrario se presentó entre los tratamientos al vacío donde no existe esta diferencia.

CONCLUSIONES

La firmeza del pan de agua aumenta a medida que aumenta el porcentaje de vacío.

El empacado al vacío influye sobre las características reológicas (firmeza y TPA) del pan de agua (producto autóctono)

BIBLIOGRAFÍA

- Alico. 2013. Termoflex. Disponible en: <http://www.alicosa.com/pdf/termoflex.1.pdf>[citado el 27 de abril 2013].
- Bechtel, W.G., D.F. Meisner., W.B. Bradley. 1953. The effect of crust on the staling of bread. *Cereal Chemistry*, 30: 160–168
- Guy, R.C., E. Hodge and Robb.1983. Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chemistry* 61: 281 –285.
- Hernández,M.,D.Duran.2008.Usode[]amilasacomoinhibidordel envejecimiento del pan de agua producto autóctono de pamplona (N. de. S).Tesis de Maestría (Ciencia y Tecnología de Alimentos). Universidad de Pamplona.

Efecto del Hidroenfriamiento y Uso de Empaques en la Calidad de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus Megalanthus*)

Effect of Hydrocooling and Packaging in the Quality of Yellow Pitahaya (Selenicereus Megalanthus)

Karla Paredes-Bautista; Raisa Tinitana-Bayas; Gabriela Guerrero-Paredes; Silvia Valencia-Chamorro¹

¹ Profesora principal. Escuela Politécnica Nacional – Quito. Facultad de Química y Agroindustria - Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología. <silvia.valencia@epn.edu.ec>

Resumen. Se estudió el efecto del hidroenfriamiento y el uso de empaques en la calidad en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) almacenada en refrigeración. Se utilizaron frutos en estado de madurez cinco según la Norma Técnica Colombiana (NTC 3554). En la experimentación se usó un diseño factorial 2² con variables: hidroenfriamiento (con y sin hidroenfriamiento) y tipo de empaque (polietileno de baja densidad (LDPE) y policloruro de vinilo (PVC)). Los frutos de los cuatro tratamientos fueron

almacenados hasta 28 días a 12 °C y 85 % de humedad relativa más 5 días a temperatura ambiente para simular el tiempo en estante. Después del almacenamiento se determinaron la pérdida de peso, firmeza, pH, acidez titulable, concentración de sólidos solubles totales y la concentración de CO₂ en el interior del empaque. Además se evaluó la calidad visual y sensorial de las muestras. Después de 21 días a 12 °C más 5 días a temperatura ambiente la pérdida de peso en frutos empacados con LDPE y PVC fue inferior al 0,4

y 1,8%, respectivamente; la firmeza disminuyó en alrededor de 21% para los frutos hidrocambiados y 28% para los frutos sin hidrocambiar. La concentración de CO₂ en el interior del empaque fue inferior al 2,5% para todos los tratamientos ($p > 0,05$). La calidad visual y sensorial de los frutos se mantuvo con características aptas para el consumo.

Palabras clave: Enfriamiento, atmósferas modificadas, calidad visual, almacenamiento.

Abstract. The effect of hydrocooling and packaging in the postharvest quality of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) stored under refrigeration was studied. Fruits were used at maturity five according to the Colombian Technical Standard 3554. A factorial design 2² was used in the experiment with variables: hydrocooling (with and without hydrocooling) and package type (low density polyethylene (LDPE) and polyvinyl chloride (PVC)). Fruits of the four treatments were stored for 28 days at 12 °C and 85% relative humidity over 5 days at room temperature to simulate shelf time. After storage, weight loss, firmness, pH, titratable acidity, soluble solids concentration and the concentration of CO₂ inside the package were determined. Furthermore the visual and sensory quality of the samples was evaluated. After 21 days at 12 °C over 5 days at room temperature the loss of weight in fruits packed with LDPE and PVC was below 0.4 and 1.8%, respectively, the firmness decreased by about 21% for fruit hydrocooled and 28% for fruit without hydrocooler. The concentration of CO₂ inside the package was less than 2.5% for all treatments ($p > 0.05$). The visual and sensory quality of the fruit was maintained with characteristics suitable for consumption.

Key words: Cooling, modified atmosphere, visual quality, storage.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) se cultiva en zonas tropicales y subtropicales. Contiene fibra, fósforo, calcio y vitamina C, además sus semillas poseen un efecto laxante (García, 2003). Esta variedad de pitahaya ocupa el 7,8 % del área total de pitahayas cultivadas a nivel mundial, donde Colombia es el primer productor seguido de Israel, Brasil y Ecuador (Betancourt *et al.*, 2010).

En el 2011 las pérdidas poscosecha en países industrializados fueron inferiores al 20 %, mientras que en países en desarrollo superaron el 30 % (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, Otterdijk y Meybeck, 2012). Los factores biológicos como la tasa de respiración, producción de etileno, transpiración y el ataque de patógenos afectan la calidad de los productos, además factores ambientales

como la temperatura y la humedad relativa influyen en la calidad poscosecha de los productos frescos (Kader, 2002).

Existen diversos tratamientos poscosecha para incrementar el tiempo de vida útil de los productos hortofrutícolas, entre los que se encuentran el pre-enfriamiento y uso de atmósferas modificadas (Kader, 2002).

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la aplicación de pre-enfriamiento con agua (hidrocambiado) y uso de dos tipos de empaque en la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) almacenada en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó pitahaya amarilla en grado de madurez cinco, de acuerdo a la escala de color fijada en la NTC 3554. Los frutos procedían del cantón Pedro Vicente Maldonado de la provincia de Pichincha, Ecuador.

En la experimentación se usó un diseño factorial 2² con variables: hidrocambiado (con y sin hidrocambiado) y tipo de empaque (polietileno de baja densidad (LDPE) y policloruro de vinilo (PVC)). Se utilizaron 30 frutos por tratamiento y fueron empacados en bandejas de poliestireno y recubiertos con láminas de LDPE y PVC. Se colocaron 5 pitahayas por bandeja. Los frutos se almacenaron hasta 28 días a 12 °C y 85 % de humedad relativa más 5 días a condiciones ambientales (≈ 20 °C) para simular el tiempo de vida en estante. Se designó a 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento a 12 °C más 5 días a temperatura ambiente como primer, segundo, tercer y cuarto período de almacenamiento.

Se determinó pérdida de peso (%), firmeza (con un penetrómetro manual McCormick, modelo FT011, Washington, provisto de un puntal de 8 mm), pH, acidez titulable y contenido de sólidos solubles totales (°Brix) (AOAC, 2005). La concentración de CO₂ (%) en el interior de empaques se determinó en un analizador rápido de CO₂/O₂ Post Harvest Research, modelo VIA-510, California, USA. La evaluación de la calidad visual se realizó mediante una escala de calificación de cinco puntos, de 1 a 5, considerando los atributos de turgencia, marchitez del pedúnculo, presencia de patógenos, daño físico y presencia de manchas pardas relacionadas al daño por frío. El análisis sensorial se realizó, con la ayuda de 12 jueces semi-entrenados. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa de estadística STATGRAPHICS Centurion XV (StatPoint, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos empacados con LDPE presentaron menor pérdida de peso que aquellos empacados con PVC, independientemente del hidrogenfriamiento. Después del tercer período de almacenamiento, la pérdida de peso en frutos empacados con LDPE fue inferior al 0,4% y en frutos empacados con PVC fue superior al 1,5%.

Los frutos hidrogenfriados presentaron mayor firmeza que aquellos que no recibieron el hidrogenfriamiento. Al finalizar el tercer período de almacenamiento la firmeza promedio de los frutos hidrogenfriados y sin hidrogenfriar fue 8,35 y 7,70 N, respectivamente. Estos valores representaron una disminución en la firmeza de $21,35 \pm 0,83\%$ en frutos hidrogenfriados y $27,51 \pm 0,81\%$ en frutos sin hidrogenfriar, con respecto al valor inicial.

Los valores de pH, acidez titulable y °Brix, presentaron ligeras variaciones durante todo el almacenamiento. Después del tercer período de almacenamiento, los frutos hidrogenfriados presentaron menores valores de pH que los sin hidrogenfriamiento (rango 4,89-5,02), la acidez titulable disminuyó el $31,36 \pm 0,56\%$ y los °Brix se mantuvieron sin variación.

La turgencia y la marchitez del pedúnculo fueron influenciados por el hidrogenfriamiento en el primer y segundo período de almacenamiento, al finalizar el almacenamiento los frutos hidrogenfriados estaban ligeramente secos y los frutos sin hidrogenfriar medianamente secos. La presencia de patógenos se incrementó hasta 25% durante el almacenamiento. El principal daño físico que se observó fueron puntos de color rojo, ocasionados por las espinas propias del fruto durante la cosecha, sin embargo no superaron el 5%. La presencia de manchas pardas relacionadas con el daño por frío fue inferior al 5%. En las muestras no se detectaron sabores extraños. Los frutos mantuvieron sus características iniciales de calidad visual hasta el primer período de almacenamiento. Hasta el tercer período de almacenamiento la calidad visual disminuyó pero los frutos aún eran comerciables. En una investigación realizada por García y Robayo (2008), se logró conservar pitahaya amarilla en grado de madurez cuatro empacada en PP y almacenada a 10 °C durante 21 días con un deterioro superior al 10%.

La concentración de CO₂ en el interior de empaques no fue afectada por el hidrogenfriamiento ni por el tipo de empaque,

ésta se mantuvo constante durante el almacenamiento a 12 °C y fue en promedio 1,2%, y después del tercer período de almacenamiento fue inferior al 2,5%.

Las muestras de todos los tratamientos del cuarto período de almacenamiento presentaron más del 25 % de deterioro por ataque de patógenos.

CONCLUSIONES

La aplicación de hidrogenfriamiento y el uso de empaques de LDPE y PVC permitieron mantener la calidad poscosecha de pitahaya amarilla durante 14 días a 12 °C más 5 días a 20 °C y la calidad comercial durante 21 días a 12 °C más 5 días a 20 °C.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18ava. edición. A.O.A.C International, Arlington.
- Betancourt, B., J. Toro, H. Mosquera, J. Castellanos, R. Martínez, A. Aguilera, L. Perdomo y A. Franco. 2010. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la pitaya amarilla en fresco en el valle del Cauca. Primera edición. Giro editores, Bogotá, p. 21.
- García, M. 2003. Pitaya: cosecha y poscosecha. Primera edición. CORPOICA, Colombia, pp. 6 y 19.
- García, M. y P. Robayo. 2008. Evaluación del uso de atmósferas modificadas pasivas y temperaturas bajas en la conservación de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Shuman). CORPOICA 9(1): 30-39.
- Gustavsson, J., C. Cederberg, U. Sonesson, R. Otterdijk y A. Meybeck. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Primera edición. FAO, Roma, pp. 7 y 8.
- Kader, A. 2002. Postharvest biology and technology: An overview, pp. 39, 44-46. En Kader, A. (Ed.) Postharvest technology of horticultural crops. University of California, California, 584p.
- StatPoint, Inc. 2006. Statgraphics Centurion VX (Versión 15.2.11).

Índice de Diastasa y Niveles de Hidroximetil Furfural de Mieles Colombianas

Diastase Index and Hydroxymethylfurfural Levels in Colombian´s Honey Bee

Laura María Reyes Méndez; Guillermo Salamanca Grosso¹

¹ Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Universidad del Tolima Ibagué Tolima Colombia A.A 546. Email: salamancagrosso@gmail.com

Resumen. La miel es una sustancia dulce elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extraflorales, que las abejas liban, transportan, deshidratan, concentran y almacenan en los panales. Las diastasas son proteínas biocatalíticas aportadas por las abejas en el proceso de la maduración de la miel, su actividad se reduce en el tiempo y junto con la evolución de hidroximetilfurfural (HMF) se consolidan como indicadores de calidad y frescura de mieles cosechadas. En este trabajo se estudiaron 85 muestras de 9 zonas biogeográficas colombianas. Se adelantaron evaluaciones de color (Pfund) y actividad de agua (aw); HMF e índice de diastasas (ID). Valores medios de ID de las zonas biogeográficas se encuentran entre $4,87 \pm 1,49$ para bh-PM y $22,30 \pm 11,29$ para bs-MB. De las muestras analizadas el 24% para ID y 18% HMF respectivamente se encuentran fuera de los límites establecidos por normativas nacionales e internacionales.

Palabras clave: Calidad, índices de frescura, mieles colombianas, propiedades fisicoquímicas.

Abstract. Honey is a sweet substance produced by bees from the nectar of the flowers and other secretions extrafloral nectaries, which the bees gather, transport, dehydrate, concentrated and stored in the combs. Diastase are biocatalytic proteins made by bees used in elaboration and maturation of the honey, its activity is reduced in time and together with the evolution of hydroxymethylfurfural (HMF) are consolidated as indicators of quality and freshness of honey harvested. We analyzed 85 samples of 9 Colombian biogeographical zones. Physicochemical parameters were color (Pfund), water activity (aw); HMF and diastasas (ID) index. Average values of ID were 4.87 ± 1.49 for tropical premontane wet forest and 22.30 ± 11.29 to dry forest low mountain. HMF between 10.95 ± 8.61 and 28.84 ± 17.25 mg/Kg. ID in a 24% of samples and 18% for ID were located outside the limits set by national and international regulations.

Key words: Freshness index, colombian bee honey, physicochemical properties.

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos orgánicos con altos estándares de calidad, sanos y diferenciados ha crecido significativamente a

nivel mundial, haciéndose necesario procesos de verificación y autenticación de los mismos. El interés en el análisis de la miel se ha incrementado con el objetivo de dar cumplimiento a las regulaciones oficiales y a la necesidad de garantizar la calidad, el origen botánico y geográfico (Bilsel *et al.*, 2012). El 5-(hidroximetil)-2-furaldehído (hidroximetil-furfural o HMF), es un aldehído cíclico, que se origina principalmente por la deshidratación de la fructuosa en medio ácido (pH 3,8 a 3,9), proceso que además está ligado al envejecimiento o a procesamientos que involucren un incremento de la temperatura (Truzzi *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2012). El contenido en HMF está relacionado con la humedad y la acidez de la miel y aumenta espontáneamente con el paso del tiempo, encontrándose claras diferencias entre zonas frías y cálidas y entre períodos estacionales (Ramírez, *et al.*, 2000; Khalil *et al.*, 2010). La diastasa o amilasa, es una enzima añadida por la abeja al néctar que descompone el almidón en oligosacáridos (Sack-Bosnar & Sakac, 2012; Ahmed *et al.*, 2013). Esta enzima se deteriora lentamente, en mieles mantenidas en buenas condiciones de almacenamiento, mientras que por el contrario, desaparece rápidamente en mieles en mal estado de conservación. (Tosi *et al.*, 2008; Bilsel *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo se orientó en la evaluación de los índices relacionados a la frescura de mieles colombianas de diferentes entornos biogeográficos y origen botánico, siendo algunas de estas florares o monoflorales, en procura de establecer criterios de calidad correlacionados con otras propiedades fisicoquímicas e color de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se analizaron 85 muestras de miel de diferentes zonas biogeográficas colombianas, de las consolidaciones de bosque muy seco tropical (bms-T), 4 muestras; bosque seco tropical (bs-T), 23 muestras; bosque húmedo tropical (bh-T), 19 muestras; bosque muy húmedo tropical (bmh-T), una muestra; bosque húmedo premontano (bh-PM), 5 muestras; bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), 10 muestras; bosque seco montano bajo (bs-MB), 12 muestras; bosque húmedo montano bajo (bh-MB), 5 muestras; bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) con una muestra.

Caracterizaciones. Las muestras inicialmente fueron evaluadas en función del color, siguiendo los criterios de la USDA (1985), haciendo uso de la escala Pfund (mm), y metodología triestímulo (Terrab, *et al.*, 2002), para el cálculo de parámetros cromáticos definidos por el sistema CIE $L^*a^*b^*$ (1986). Las mediciones de actividad de agua (a_w) fueron realizadas siguiendo directrices de AOAC, 1990 y Saxena *et al.*, 2010. El índice de diastasa (ID) e hidroximetilfurfural (HMF), fueron evaluados siguiendo protocolos de la Comisión Internacional de la miel (IHC, 2002). El índice de diastasa fue medido usando el método de Phadebas, descrito por Tosi, *et al.*, 2008 y Chakir *et al.*, 2011, empleando espectrofotometría UV/Visible con absorción a longitud de onda de 620nm. Las determinaciones de Hidroximetilfurfural fueron realizadas según metodología establecida por la AOAC, 1990; usando como blanco de referencia bisulfito de sodio, con lecturas espectrofotométricas en UV/Visible a 284 y 336nm (Khalil *et al.*, 2010; Salamanca, 2010). Los datos fueron analizados haciendo uso de paquetes estadísticos Statgraphics Centurión™ XVI (Versión 16.1.02) y MYSTAT 12®. Fue realizado Análisis de varianza ANOVA de una sola vía, siguiendo prueba de Tukey con probabilidad estadística de 95%, usado para analizar diferencias significativas entre muestras de miel. Los ensayos se llevaron a cabo por triplicado, y los resultados son expresados como valores medios \pm desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química, el comportamiento de flujo y la aceptabilidad global de las mieles depende de su origen botánico, que a su vez están influenciadas por diferentes

tratamientos, temperatura y tiempo de almacenamiento, afectando de esta forma las características fisicoquímicas y la calidad sensorial (Anupama *et al.*, 2003; Khalil *et al.*, 2010). Las mieles colombianas en general se pueden agrupar en cinco tipos distintos de color (Pfund), en Ambar obscura (DA; > 114 mm), blanco extra (B; 18–34), Ámbar extra claro (ELA; 35–50), Ámbar claro, (LA; 51–85) y Ámbar (A; 86–114). Los parámetros ID y HMF son considerados factores de calidad en mieles, estableciéndose valores mínimos y máximos de las mismas según normativas colombianas e internacionales. La actividad de agua (a_w) en las mieles depende del contenido de humedad y su alto contenido de monosacáridos (fructosa + glucosa), presentando por lo general valores por debajo de 0,60 (Zamora & Chirife, 2006; Salamanca, 2012). Los promedios de los valores de actividad de agua agrupados por zona de vida no presentan diferencias significativas ($P_v > 0,05$) entre ellos; de igual forma se establecen promedios mínimos en el entorno de bh-PM ($0,595 \pm 0,019$) y valores máximos para bmh-T ($0,623 \pm 0,001$).

Los parámetros indicadores de frescura (ID) y (HMF), son considerados factores de calidad en mieles. El Codex Alimentarius (1993) estableció un contenido de HMF para miel no superior a 80 mg/kg; la actividad de la diastasa de la miel, determinada después de elaborada y/o mezclada, en general no puede ser inferior a 8 unidades Schade y en el caso de las mieles con un bajo contenido de enzima natural no inferior a 3 unidades Schade. La Unión Europea (Directiva de la UE 110/2002), sin embargo, recomienda un límite inferior de 40 mg/kg, con las siguientes excepciones: 80 mg/kg se permite para la miel que se origina en los países o regiones con

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del Índice de diastasa, hidroximetil furfural y actividad de agua en mieles colombianas.

Zona de	n	ID (Unidades Schade)	HMF (meq/Kg)	a_w
bh-MB	14	$8,82 \pm 4,19^{abc}$	$28,84 \pm 17,25^{abc}$	$0,618 \pm 0,015^c$
bh-PM	10	$4,87 \pm 1,49^a$	$76,63 \pm 59,46^d$	$0,595 \pm 0,019^a$
bh-T	38	$11,25 \pm 3,06^{cd}$	$26,03 \pm 53,81^{ac}$	$0,605 \pm 0,017^{ab}$
bmh-MB	2	$11,41 \pm 0,01^{abcd}$	$10,93 \pm 0,63^{abcd}$	$0,600 \pm 0,001^{abc}$
bmh-PM	20	$10,87 \pm 5,07^{bcd}$	$60,38 \pm 87,87^{bd}$	$0,614 \pm 0,025^{bc}$
bmh-T	2	$10,40 \pm 0,01^{abcd}$	$34,86 \pm 2,32^{abcd}$	$0,623 \pm 0,001^{abc}$
bms-T	8	$6,26 \pm 3,47^{ab}$	$74,66 \pm 48,55^{bcd}$	$0,613 \pm 0,024^{bc}$
bs-MB	24	$22,30 \pm 11,29^e$	$10,95 \pm 8,61^a$	$0,615 \pm 0,017^c$
bs-T	46	$13,63 \pm 7,01^d$	$53,13 \pm 54,52^{bd}$	$0,610 \pm 0,020^{bc}$

n=Número de mediciones realizadas. Letras similares en la misma columna son indicativas de similitud. Evaluaciones al 95% de confianza.

temperaturas tropicales, mientras que un límite inferior al sólo 15 mg/Kg se permite para la miel con niveles enzimáticos bajos. Los promedios de los valores de (ID) y (HMF) establecidos por zonas de vida presentan diferencias significativas ($P_v < 0,05$). Para el caso de DN se presentan 5 grupos con similitudes estadísticas y para HMF 4 grupos. Los promedios de los valores de (ID) y (HMF) se recogen en la tabla 1. En el primer caso los promedios estuvieron entre $(4,87 \pm 1,49)$ *bh*-PM a $(22,30 \pm 11,29)$ *bs*-MB y en el segundo caso entre $(10,93 \pm 0,63)$ *bmh*-MB a $(76,63 \pm 59,46)$ *bh*-PM.

En relación al color, las mieles color ámbar oscura presentan los valores más altos de (HMF), cosechadas en entornos de *bms*-T, por su parte, los menores valores corresponden a mieles ámbar extra claro de zonas de *bh*-T. Con respecto al parámetro (ID) se presentaron mieles de color ámbar extra claro y ámbar claro con los valores superiores, correspondientes a *bs*-MB y *bs*-T respectivamente. De las muestras analizadas el 24% y 18% para ID y HMF respectivamente se encuentran fuera de los límites establecidos por la NTC 1273 (2007), el Codex alimentarius (1993) y la International Honey Commission (2002).

CONCLUSIONES

La actividad diastásica e hidroximetilfurfural son indicadores de mieles calentadas o envejecidas. Los parámetros fisicoquímicos pueden servir como valoraciones adicionales que facilitan las evaluaciones rápidas del manejo y calidad de una miel. Las evaluaciones realizadas contribuyen al estudio de las mieles florales y monoflorales colombianas y consolidan directrices para el control y modificación de normativas relacionadas con el producto para consumo directo como para uso industrial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) por la asignación de fondos para el desarrollo del proyecto, en el marco de la convocatoria N° 525 a través del programa Jóvenes Investigadores E Innovadores 2011.-

BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, M., N. Djebli., S. Aissat., B. Khiati, A. Meslem and Bacha, S. (2013). In vitro activity of natural honey alone and in combination with curcuma starch against *Rhodotorula mucilaginosa* in correlation with bioactive compounds and diastase activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3 (10), p. 816–821.

Anupama, D., K. Bhat and V. Sapna. 2003. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, v. 36 (2):183–191.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of analysis* (15th ed), Inc. Arlington.

Bilsel, M., A. Simsek and A.C. Goren. 2012. 13C/12C pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chemistry*. 130 (4): 1115-1121.

Chakir, A., A. Romane., G.L. Marcazzan and P. Ferrazzi. 2011. Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*.

CIE. Commission Internationale de L'Eclairage, "Colorimetry (1986). (Second Edition)- Publication CIE 15.2", Central Bureau of CIE, ISBN: 3-900-734-00-3, Viena, Austria.

CODEX ALIMENTARIUS. FAO/WHO. (1993). Comisión internacional. Norma mundial para mieles. Codex stan. rev. Roma, 12-1981

European commission. (2002). Cuncil Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey.

ICH (International Honey Commission). (2002). Harmonised methods of the international Money commission. Bern, Switzerland.

Khalil, M.I., S.A. Sulaiman and L. Boukraa. 2010 Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorders. *The Open Nutraceuticals Journal* 3:6-16.

Norma Técnica Colombiana NTC 1273. (2007). Miel de Abejas. ICONTEC.

Sak-Bosnar, M. & Sakač, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, v. 135 (2): 827–831.

Salamanca, G. 2010. Estudio analítico comparativo de las propiedades fisicoquímicas de mieles de *Apis mellifera*, en algunas zonas apícolas de los departamentos de Boyacá y Tolima. Universidad del Tolima. Colombia:

Salamanca, G. 2012. Estudio analítico de las propiedades térmicas y reológicas de mieles florales y monoflorales colombianas. Tesis posdoctoral. Universidad de Sao Paulo/FZEA. Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos. Pirassununga/SP – Brasil.

Saxena, S., S. Gautam and A. Sharma. 2010 Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry* 118, p. 391-397.

Terrab, A., M.J. Díez and F.J. Heredia. 2002. Chromatic Characterisation of Moroccan Honeys by Diffuse Reflectance and Tristimulus Colorimetry — Non-uniform and Uniform Colour Spaces. *Food Sciences and Technology International* 8(4):189-195.

Tosi, E., R. Martinet., M. Ortega., H. Lucero and E. Ré. 2008. Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry*, v. 106(3), p. 883–887.

Truzzi C, A. Annibaldi., S. Illuminati., C. Finale, M. Rossetti and G. Scarponi. 2012. Determination of very low levels of 5-(hydroxymethyl)-2-furaldehyde (HMF) in natural honey: comparison between the HPLC technique and the spectrophotometric white method. *Journal of Food Science* 77 (7):C784–C790.

USDA (United States Standars for Grades of Extracted Honey). (1985), Washington, D.C, p. 5-6.

Zamora, M.C. and J. Chirife. 2006. Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina, *Food Control* 17:59-64.

Zhang, Y., Y. Song, T. Zhou., X. Liao, X. Hu and Q. I. 2012. Kinetics of 5-hydroxymethylfurfural formation in chinese acacia honey during heattreatment. *Food Science and Biotechnology*, 21 (6):1627-1632.

Rheological characterization of desserts formulated with whey proteins

Caracterización Reológica de Postres Formulados con Proteína de Suero

María Eugenia Miccolo¹, María Laura Olivares¹ and Amelia C. Rubiolo^{1*}

1. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (UNL-CONICET), Güemes 3450, Santa Fe, Argentina. *E-mail: arubiolo@intec.unl.edu.ar

Abstract. The aim of this work was to use whey proteins in the production of desserts, to evaluate their rheological properties and to compare them with those of a dessert based on milk. The rheological behavior of samples is similar to the commercial dairy dessert. Mechanical spectra of all samples studied denote a weak gel structure. The interpretation of the results with the weak gels model allows to differentiate microstructures and interaction between components. Therefore, the use of whey proteins in dairy desserts is feasible.

Key words: Rheology, whey proteins, microstructures, gel.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue utilizar proteínas de suero en la producción de postres, evaluar sus propiedades reológicas y compararlas con las de un postre comercial a base de leche. El comportamiento reológico de las muestras formuladas es similar al del postre comercial. Los espectros mecánicos de todas las muestras presentan una estructura de gel débil. La interpretación de los resultados con el modelo de geles débiles permite diferenciar microestructuras y fuerza de interacción entre componentes. Por lo tanto, el uso de proteínas de suero en postres lácteos es factible.

Palabras clave: Reología, Proteínas de suero, microestructura, gel.

INTRODUCTION

One of the most important attributes for the consumer of dairy dessert is texture. In this sense, rheological parameters may be closely related to the desirable functional properties of these products.

Dairy desserts are basically formulated with milk, thickeners, sucrose or sweeteners, aroma and colorants. The rheological and sensory properties of these products are strongly influenced by the characteristics of the ingredients and their crossed interactions (Tarrega y Costell, 2006). Whey proteins are used as functional and nutritional enhancer of various products. However, their use in dairy desserts needs more thorough investigation in order to find the optimum combinations with other ingredients and the optimum heat treatment necessary

to obtain the desired texture. The aim of this work was to use whey proteins in the production of desserts, to evaluate their rheological properties and to compare them with those of a dessert based on milk.

MATERIALS AND METHODS

Sample preparation. For samples preparation, whey protein concentrate (WPC 80) (Arla Food Ingredients S.A., Buenos Aires, Argentina), modified corn starch (Glucovil Argentina S.A., San Luis, Argentina), sucrose (Ledesma, Jujuy, Argentina) and cocoa (El Quillá, Santa Fe, Argentina) were used. The appropriate amount of ingredients were weighted and dissolved in distilled water and then, samples were heated at 80°C during 30 minutes under constant agitation. All samples were prepared in duplicate and stored at 4°C overnight. The prepared samples and codes of samples are shown in Table 1.

Table 1. Dairy dessert samples studied

Sample	Whey protein (% p/p)	Corn starch (% p/p)	Sucrose (% p/p)	Cocoa (% p/p)
P5A9	5	9	-	-
P5A9-S	5	9	10	-
P5A9-S-C	5	9	10	2

The rheological characteristics of samples were compared to those of a commercial dairy dessert based on milk. This product presents the following composition: 4.2 % p/p of proteins, 16 % p/p of modified starch, 8 % p/p of sucrose y 0 % p/p of fat.

Rheometrical measurements. A rheometer Haake RheoStress RS80 (Haake Instrument Inc., Paramus, NJ, USA) with cone and plate geometry (60 mm diameter, 2° angle) was used. Frequency sweep tests were carried out from 0.01 to 10 Hz at strain amplitude of 0.005 and the 2 components of complex shear modulus (G^*), the storage modulus (G') and the loss modulus (G''), were obtained at 20°C in the linear viscoelastic region. Moreover, the effect frequency on complex viscosity ($|\eta^*|$) was analyse. Each sample was analysed in duplicate.

Data modelling. Frequency dependency of $|G^*|$ for the samples was fitted by the weak gel model for foods (Gabriele *et al.*, 2001). According to this model, the complex modulus can be expressed by:

$$|G^*| = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} = A_F \omega^{1/z} \quad (1)$$

where z is the interaction factor (number of flow units interacting with one another) and A_F is the gel strength of the interaction between flow units.

Statistical analysis. Data were analysed by ANOVA using Statgraphics (Statgraphics Inc., Rockville, MD, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows changes in G' , G'' as function of frequency of different samples. Rheological behavior of samples is similar to the commercial dairy dessert. All samples present predominant elastic properties. From a structure point of view, for true gels $\ln(G', G'')$ versus $\ln \omega$ plots have zero slope because the molecular rearrangements within the network are very reduced, while there are positive slopes and G' is greater than G'' over a whole frequency ranges of ω studied for weak gels (Rao, 1999). Therefore, mechanical spectra of all samples denote a weak gel structure. Figure 1 also shows that $|\eta^*|$ of all samples decreases across the frequency range which indicates shear-thinning behavior.

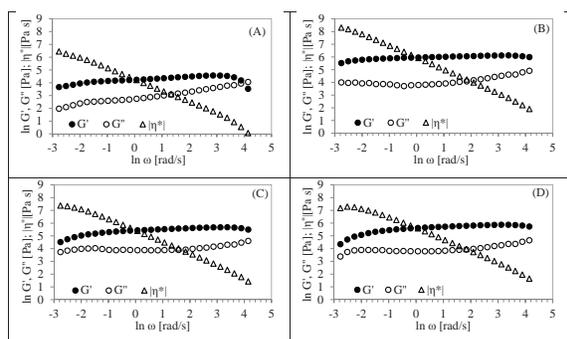


Figure 1. Characteristics frequency sweeps of dairy dessert mixture studied. (A) Commercial Dessert, (B) P5A9, (C) P5A9-S, (D) P5A9-S-C.

Therefore, the response of complex modulus ($|G^*|$) of samples was compared with the weak gel for foods (Gabriele *et al.*, 2001). The obtained rheological parameters are listed in Table 2.

Table 2. Mean values of weak gel model parameters of formulated samples and commercial dessert*

Sample	A_F [Pa s ^z]	z [-]
P5A9	370.5c	14.6c
P5A9-S	185.9b	7.5a
P5A9-S-C	254.1b	5.5a
Commercial Dessert	88.8 ^a	10.2b

*Mean values with different letters in a column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

ANOVA indicated that sample P5A9 presents more number of rheological units than the others (z) and higher strength of interaction between flow units (A_F) that denote more solid character. Addition of sucrose (P5A9-S) decreases the number of rheological units and the interaction strength between them. Commercial dessert presents lower strength of interaction between rheological units.

CONCLUSIONS

It is concluded that rheological behavior of samples is similar to the commercial dairy dessert. Therefore, the use of whey proteins in dairy desserts is feasible. Whey proteins provide more solid characteristics to the dessert. Mechanical spectra of all samples studied denote a weak gel structure. The interpretation of the results with the weak gels model allows to differentiate microstructures and the strength of interaction between components.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was conducted with the financial support of Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, Argentina), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina), and Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina).

BIBLIOGRAPHY

- Tárrega A. and E. Costell. 2006. Effect of composition on the rheological behavior and sensory properties of semisolid dairy dessert. *Food Hydrocolloids*, 20:914-922.
- Gabriele, D., B. de Cindio and P. D'Antona. 2001. A weak gel model for foods. *Rheological Acta* 40:120-127.
- Rao M.A. 1999. *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. 1^o ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc. (pp. 319-356).

Desarrollo de una Metodología para la Obtención de Uvilla (*Physalis peruviana* L.) Deshidratada

Development of a Methodology for Obtaining Uvilla Dehydrated (*Physalis peruviana* L.)

Mayra Alexandra Veloso¹; María Teresa Pacheco² y William Fabián Teneda³

1 Joven Investigadora. Egresada de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato-Ecuador.

2 Profesora-Investigadora. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato-Ecuador.

3 Profesor-Investigador. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos - Universidad Técnica de Ambato-Ecuador. Campus Académico Huachi. Av. Los Chasquis y Río Payamino, C.P 18 01334, wf.teneda@uta.edu.ec

Resumen. La investigación se enfocó en determinar el mejor tratamiento para obtener uvilla deshidratada (*Physalis peruviana* L.) empleando edulcorantes no calóricos. El proceso de ósmosis tuvo lugar en soluciones preparadas a base de diferentes cantidades de edulcorantes calóricos y no calóricos y el secado se llevó a cabo en un secador de túnel; resultando como mejor tratamiento el $A_2B_1C_1$, según el cual la uvilla fue sumergida en una solución, equivalente a dos veces el peso de la fruta, preparada con sacarosa y sucralosa (510 g de sacarosa + 1,98 g de sucralosa / L), sometida a 4h de concentración osmótica y secado a 60°C; alcanzando un rendimiento del 23,03%. Las características del producto final fueron: humedad 15,6%, pH 4,17, 33 °Brix y una acidez de 0,29 % de ácido cítrico. El color, olor, sabor y textura de la uvilla deshidratada fueron analizados por un panel de catadores semi-entrenados, sin que se observara diferencia significativa entre el sabor de las muestras deshidratadas con diferentes soluciones de edulcorantes calóricos y no calóricos a diferentes temperaturas.

Palabras clave: Uvilla, secado, edulcorantes no calóricos.

Abstract. This research was based in determining the best treatment for dehydrated Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) using non-caloric sweeteners. Osmosis process took place in prepared solutions from different quantities of caloric sweeteners and non-caloric and drying was carried out in a tunnel dryer solutions; the resulting improved treatment as $A_2B_1C_1$, whereby Cape gooseberry was immersed in a solution, equivalent to the double of weight of the fruit, prepared with sucrose and sucralose (510 g sucrose + 1.98 g of Sucralose/L), subjected to 4h osmotic concentration and drying at 60 °C; reaching a yield of 23.03%. The characteristics of the final product were: moisture 15.6%, pH 4.17, 33 °Brix and acidity of 0.29% citric acid. The color, odor, taste and texture of dehydrated Cape gooseberry were analyzed by a panel of semi-trained panel. No significant difference was observed between the taste of the dried samples with different solutions and non-caloric caloric sweeteners at different temperatures.

Key words: Cape gooseberry, drying, non-caloric sweeteners.

INTRODUCCIÓN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), es una de las frutas de gran importancia en Ecuador, este cultivo se caracteriza por estar en manos de pequeños productores, con un bajo poder económico, en la mayoría de los casos en terrenos de ladera y con muy baja capacitación técnica. La zona de mayor aptitud para este cultivo se ubica en el Callejón Interandino: Mira, Otavalo, Cotacachi, Puenbo, Salcedo, Píllaro, Ambato, Patate, Guamote, Biblián, Cuenca y Machachi (Sernaque y Andrade, 2005).

Una de las alternativas existentes para prolongar la vida útil de la uvilla, es pre-secar el cáliz, con el fin de obtener mayor protección contra enfermedades y mayor longevidad. En vista de la necesidad de conservar este fruto y brindarle características de mayor aceptación en el mercado, este estudio pretendió desarrollar un producto deshidratado de uvilla de bajo poder calórico y de características físico químicas, nutricionales y microbiológicas aceptables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó uvilla proveniente del cantón Quero de la provincia de Tungurahua. Se procedió a verificar la calidad de la materia prima tomando en cuenta su estado de madurez, color y un tamaño regular en todo el lote. Luego del análisis respectivo se lavó con agua a fin de eliminar impurezas y cuerpos extraños, seguidamente se aplicó un enjuague con metabisulfito de sodio a concentración de 150 ppm. Previo a esto se preparó la solución de edulcorante manteniendo siempre 60 °Brix. Las dosis de edulcorantes consideradas fueron: 1190 g de sacarosa + 0,85 g de sucralosa /1 L de agua y 510 g de sacarosa + 1,98 g de sucralosa /L de agua. A continuación se procedió a la deshidratación osmótica de las uvillas en proporción 1:2 (fruta: solución), manteniendo un tiempo de reposo de 2 a 4 horas con agitación continua. Luego del tiempo establecido se enjuagó la fruta en agua fría para eliminar residuos y evitar posibles adherencias y finalmente se colocó en bandejas de secado y controlando 40 y 60 °C según el caso, hasta llegar a una humedad menor al 15 %. El

producto seco se empacó y almacenó en bolsas plásticas de PEBD, evitando el contacto con humedad o calor excesivo. La calidad microbiológica se determinó mediante recuento de coliformes (AOAC 991.14.2005) y aerobios totales (AOAC 990.12.2005), tomados como referencia para el cálculo de vida útil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aplicó un arreglo A*B*C, teniendo 12 tratamientos con su original y dos réplicas, resultado un total de 36 tratamientos. Para el análisis sensorial se aplicó un diseño de bloques incompletos, con un panel de catadores seminternados. La prueba de Tukey señaló como mejor tratamiento el A₂B₁C₁, que consistió en la preparación de una solución con 510 g de sacarosa + 1,98 g de sucralosa / lt de agua, ósmosis durante 4 h y secado a 60 °C; mostrando un rendimiento del 23,03 %.

En la Tabla 1. Se muestran los parámetros iniciales y finales de la uvilla, pudiendo observar como la humedad disminuye drásticamente en un lapso de 24 horas.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos iniciales y finales de Uvilla

Parámetros	Inicial	Final
pH	3,660	04,170
°Brix	9,50	33,000
Acidez	0,290	0,100
% Humedad	72,423	15,600

El estudio de vida útil fue aplicado sobre el mejor tratamiento por duplicado, realizando siembras microbiológicas cada 7 días para observar la estabilidad de las uvillas deshidratadas mantenidas a temperatura ambiente (18-20°C), obteniendo los resultados de la Tabla 2, mismos que se hallaron partiendo de la ecuación de cinética

Tabla 2. Recuento microbiológico.

Tiempo días	Aerobios totales		Coliformes totales	
	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻²	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻²
0	0	0	0	0
3	0	0	0	0
7	1	0	0	0
14	1	0	0	0
21	2	0	0	0
28	3	0	0	0
35	5	0	0	0
42	6	1	0	0
49	7	1	0	0

de reacción de Heldman y Singh (1998). El logaritmo de la cantidad de aerobios totales existentes durante el tiempo de almacenamiento

de la bebida, se representa en la Figura 1. Existiendo un R² de 0,9752, se establece la siguiente relación entre estas variables:

$$y = m x + b$$

$$\log C = m t + b$$

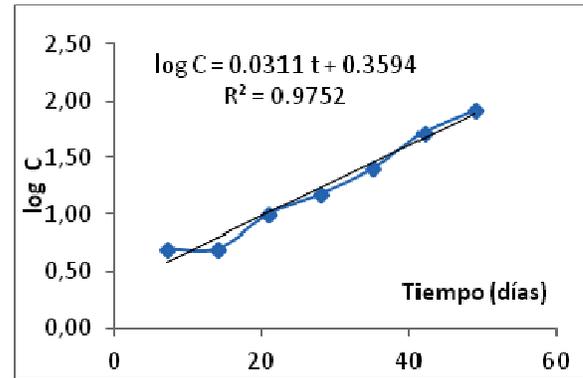


Figura 1. Análisis microbiológico para el cálculo del tiempo de vida útil (TVU).

Donde C representa el límite de calidad respecto al contenido de aerobios totales para productos deshidratados de uvilla (1000 UFC / g; IIAF, 1998) y t representa el tiempo de vida útil del producto en estudio. Por tanto el tiempo de vida útil de la uvilla deshidratada por el método seleccionado es:

$$\log 1000 = 0,0311 t + 0,3594$$

$$t = 84,907 \text{ días.}$$

CONCLUSIONES

Se ha aprovechado la técnica de deshidratación osmótica y secado de la uvilla (*Physalis peruviana*) empleando edulcorantes no calóricos, pudiendo obtener un producto de características organolépticas aceptables, un adecuado tiempo de vida útil (84 a 85 días) y un rendimiento del 23,03 %. De acuerdo a esto y con fines similares, se sugiere aplicar: 510 g de sacarosa + 0,98 g de sucralosa / L de agua, 4 horas de concentración osmótica y secado a 60°C hasta el 15 % de humedad, pues de este modo se estaría aprovechando un producto saludable, ancestral y evitando desperdicios por parte de pequeños productores.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen el apoyo financiero proporcionado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato, a la Asociación de Productores de Uvilla Tierra Productiva y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato en cuyos laboratorios se desarrollaron los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- Helman, R.P y D.R. Sing. 1998. Introducción a la Ingeniería en Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España. 80-90 p.
- IAP. 1998. Norma Sanitaria sobre Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo

- Humano. Norma según la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos (CAC/GL-21(1997)) del Codex Alimentarius.
- Sernaqué, E.P y R.E. Andrade. 2005. Proyecto de desarrollo de vino elaborado a base de uvilla y su comercialización en el mercado ecuatoriano. Tesis Ingenieros Comerciales, Especialización Finanzas y Marketing. Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 157p.

Contribución al Estudio de Proceso de Trilla de Algunas Variedades de Arroz Colombiano *Contribution to Study of Threshing Process in Some Varieties of Colombian Rice*

Mónica Patricia Osorio Tangarife¹; Guillermo Salamanca Grosso¹; Nelson Rodríguez Arias¹

¹ Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias - Departamento de Química. Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima. Colombia. mposorio@ut.edu.co, salamancagrosso@gmail.com

Resumen. El proceso de trilla de arroz, en los sistemas de molinería usualmente se realiza sobre muestras no diferenciadas por lo general para completar el proceso, se realizan mezclas no selectivas de las variedades de arroz, según sean las condiciones de cosecha y oferta de los proveedores. En este trabajo se relacionan los índices de pilada de 12 muestras de arroz monovarietal (Caribe 8, Cimarrón Barinas y Pelón, Combeima, Coprocecm, Fedearroz (50, 369, 473 y 809), Fortaleza, Oryzica 1 y Yacú 9, teniendo en cuenta su rendimiento productivo y generación de subproductos mediante valoraciones para grano integral, harina y masa (grano blanco entero y partido). En la variedad Cimarrón Pelón, se ha encontrado un mayor rendimiento en masa blanca con 72.0% e IP de 63.5%, que es significativamente mayor en relación a las otras variedades, Combeima (70.3 ± 0.45 y 49.5 ± 0.45) y F-369 (68.1 ± 1.23 y 55.4 ± 2.45). Se presentan los índices de pilada y el rendimiento en partido en las matrices de arroz estudiadas. El trabajo contribuye al conocimiento del comportamiento de las variedades de arroz en el proceso de trillado en Colombia.

Palabras clave: Arroz, agroindustria, calidad, proceso, trilla.

Abstract. The rice process threshing at the milling systems is performed on samples that are not differentiated and usually it depend on non-selective blends of rice varieties, crop conditions and supply of providers. The aim of this work has been focus on 12 Colombian varietal rice on threshing (Caribe 8, Cimarrón Barinas y Pelón, Combeima, Coprocecm, Fedearroz, (50, 369, 473 and 809), Fortaleza, Oryzica 1 and Yacú 9, taking into account its productive performance and generation of by-products through valuations for whole grain, flour and ground (whole grain white and break). In Cimarron Pelón, has been found a higher performance in white mass with 72.0 % and IP of 63.5 %, which is significantly higher in relation to other varieties, Combeima (70.3 ± 0.45 and 49.5 ± 0.45) and F-369 (68.1 ± 1.23 and 55.4 ± 2.45). The work contributes to the knowledge of the behavior of rice varieties in the threshing process in Colombia.

Key words: Agro-industrial, rice, quality, threshing process.

INTRODUCCIÓN

El arroz es un cultivo que alimenta 2/3 de la población mundial, su producción alcanza los 440 millones de toneladas y en América Latina se cultivan 9 millones de hectáreas. La contribución nacional a la producción mundial es del

12%, (Fedearroz, 2011; Espinal *et al.*, 2005). El control de calidad en el proceso de trilla del grano puede agruparse en cuatro operaciones que van desde la recepción y clasificación, secado, almacenamiento y trilla, propiamente dicha, (Danty, 2013; Osorio *et al.*, 2007; Zeledón, *et al.*, 2007). El índice de pilada (IP) es un factor que representa características óptimas para la trilla de una variedad de arroz. Valores guía de (IP) superiores al 60% son indicativos de un buen rendimiento y calidad en el proceso. La producción de entero se incrementa de manera proporcional al grosor de los granos de arroz, hasta alcanzar un máximo y luego decrece. El tiempo de pulido es crucial en el proceso, si éste es prolongado se aumenta la producción de grano quebrado. El comportamiento del proceso de trilla de algunas de las variedades de arroz costarricense, han sido evaluadas por Arrieta, (1994), observándose rendimientos y producción diferenciada en el contenido de harina de tres variedades comerciales. El trabajo de Castillo y Gaviria, (2000), ha demostrado que en la producción de arroz blanco el precio por el grano entero es superior a la relación 2:1, haciéndose necesario mantener durante la trilla condiciones que permitan mantener reducida la cantidad de grano partido e incrementar la producción de grano blanco entero. Con el objeto de contribuir al estudio del proceso de trilla de algunas variedades de arroz colombianas, se ha planteado evaluar el proceso de trilla en sus índices de pilada considerando el rendimiento en blanco entero y partido e IP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se estudiaron 50 muestras para cada una de las 12 variedades de arroz: Caribe 8, Cimarrón barinas y pelón, Combeima, Coprocecm, F-50, F-369, F-473, F-809, Fortaleza, Oryzica 1 y Yacú 9 con unidad experimental de 1500 g de arroz paddy verde.

Análisis. Las muestras se sometieron a proceso de secado en estufa tipo Granel S810™ por 38 a 40°C/6h, posterior reposo de alrededor de 24 h para dar rigidez al grano y permitir la estabilidad en el descascarado y pulimento. El contenido de humedad, se evaluó haciendo uso de un sistema de detección conductométrica tipo Motomco 910™ y Kett PQ-510. La operación de descascarillado se efectuó en un equipo Grainman S41A™. El rendimiento del grano integral, pulido, se estableció luego del procesado en la unidad McGill™, generando masa blanca (Entero:Partido E:P) y harina (capa externa del grano). El rendimiento del arroz (RP) trillado se estimó en fase posterior a la homogenización y clasificación mecánica utilizando 100 g de la relación E:P. A partir de este procedimiento y datos obtenidos se calculó el índice de pilada (IP), tomando como referencia la cantidad de grano entero por el porcentaje de grano partido sobre sobre un

equivalente de 1000 gramos. Las fracciones porcentuales del proceso arrocero, se ilustra en la Figura 1. El trabajo experimental se realizó en estación molinera de la zona de Espinal Tolima, siguiendo la metodología descrita por Quijano, (2000), Cruz, (2002), Zeledón *et al.*, (2007) y Osorio, *et al.*, (2007).

Unidad Experimental 100%			
Arroz Integral 80			Cascajilla 20
Masa blanca 68		Harina 12	
Entero 60	Partido 8.0		

Figura 1. Proporciones y productos asociados al proceso de trilla de arroz.

Estadística. La evaluación estadística de los resultados generados en el proceso de las variedades, se realizó haciendo uso de pruebas de normalidad y de varianza ANOVA, para estimar las diferencias entre las varianzas de los tipos de arroz evaluados. Se usaron los paquetes Minitab 15™ y Statgraphics Centurión 15™ en la valoración estadística de los parámetros.

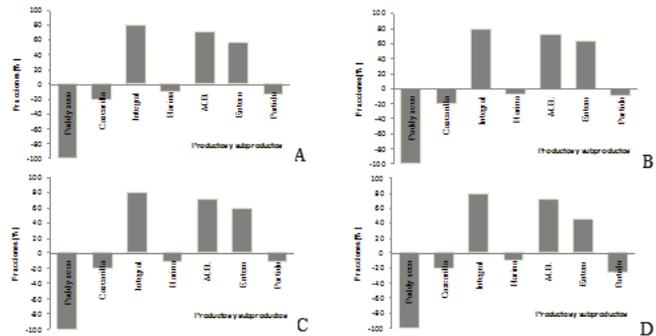
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades de arroz estudiadas, son heterogeneas en relacion al contenido de humedad inicial, este parámetro está asociado a las condiciones de cosecha y manejo del producto durante el beneficio, oscilan entre 28,1 a 22,6%. En el proceso de secado, estos contenidos suelen reducirse hasta 12% en promedio, a fin de facilitar el rendimiento en trilla y disminución de la cantidad de partido, el producto requiere de una estabilización a través de reposo. La recepción de la materia prima incide hasta en un 80% en las características finales del arroz blanco elaborado por ello deben ajustarse criterios para su aceptación: humedad máxima (14%), impurezas (3,0%) para arroz seco y 24% de humedad para el arroz verde. Estas condiciones aseguran un buen rendimiento en la operación de trilla. En éste proceso y luego del descascarillado y la generación del arroz integral, se obtiene arroz blanco por efectos de polichado, con liberación de harina y masa blanca. Los resultados indican que lo índices de pilada (IP), de las variedades evaluadas, presentan diferencias significativas, los promedios más bajos corresponden a la variedad FD-473, con $46,0 \pm 7,90$, con la generación de partido, condición de calidad que limita el rendimiento del producto. Los mayores (IP), corresponden a las variedades Cimarrón pelón $63,5 \pm 3,01$, seguido de FD-50 y FD-809 con $60,6 \pm 4,00$ y $60,6 \pm 3,57$, respectivamente. La Tabla 1, relaciona los valores medios para masa blanca, grano entero e Índice de Pilada.

Tabla 1. Rendimiento en masa blanca, grano entero e el Índice de Pilada (g/100g de muestra) de algunas variedades de arroz

Variedad	Masa blanca	Grano entero	IP
F-473	71.2±0.60	67.7±6.70	46.0±7.90 ^f
Combeima	70.3±0.45	70.4±5.03	49.5±3.48 ^c
F-369	68.1±1.23	80.9±3.31	55.4±2.45 ^a
Fortaleza	71.2±1.25	78.4±4.68	55.5±4.33 ^a
Caribe 8	72.3±1.04	83.0±4.36	58.0±4.64 ^a
Coprocom	70.2±0.80	83.0±3.32	58.4±2.68 ^a
Yacú 9	71.5±0.87	84.3±3.37	60.3±2.90 ^b
F-50	71.4±0.81	85.1±4.50	60.6±3.57 ^b
C. Barinas	71.4±0.89	82.6±2.55	56.8±4.24 ^a
Oryzica 1	70.3±0.86	80.8±5.43	56.8±4.24 ^a
F-809	70.3±1.45	86.0±4.01	60.6±4.00 ^b
C. Pelón	72.0±0.68	88.1±3.48	63.5±3.01 ^b

Los perfiles para productos y subproductos de la trilla de las variedades cimarrón barinas, yacu-9, FD-50 y FD-473, se muestran en la Figura 2. La fracción integral en las variedades, no presentan diferencias significativas ($P_v < 0,05$), pero la de partido esta en funcion de los tipos de arroz, en FD-473 el rendimiento de entero es de $67,7 \pm 6,70$ y C. Pelón, $88,1 \pm 3,48$, lo que indica un mayor contenido de partido en el primer caso respecto del segundo.



CONCLUSIONES

El estudio ha permitido evaluar algunas variedades comerciales de arroz paddy y su comportamiento en el proceso de trilla. En las variedades estudiadas, se presentan diferencias significativas, en el rendimiento de masa blanca, grano entero y partido, conducentes a diferencias importantes en sus índices de pilada. La metodología es extrapolable a la evaluación del comportamiento de otras variedades.

BIBLIOGRAFÍA

Arrieta-Vargas, J.I. 1994. Metodología para estimar la extracción de las capas externas del arroz integral durante la etapa de beneficiado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad de Costa Rica. San José. 150 p.

Castillo, A. y J. Gaviria. 2000. Molinería de arroz en los trópicos. Ediagro Ltda. Pp. 74.

Cruz, M. 2002. Efecto del beneficiado de mezclas de las variedades de arroz CR-1113, CR-5272 y Setesa-9 sobre variables de rendimiento molinero. Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, San José. 71 p.

Danty, J. 2013. Mercado del arroz: crecimiento en el mundo y cambios productivos de Chile. Oficina de estudios y políticas agrarias ODEPA. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Pp. 8.

Espinal, C., H. Martínez y H. Acevedo. 2005. La cadena del arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro cadenas Colombia. 75 p.

Federación Nacional de Arroceros, Fedearroz. 2011. Dinámica del sector arrocero de los llanos orientales de Colombia 1999-2011. Producción editorial. Bogotá, Colombia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2004. El arroz es la vida. www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/36887/index.html. 24 de noviembre de 2013.

Osorio, M., G. Salamanca, R. Álvarez y O. Rodríguez. 2007. Valoración de índices de pilada de algunas variedades de arroz colombiano. Alimentos, Ciencia e Ingeniería, Vol. 16(3):273-275.

Quijano, T.M. 2000. Evaluación e implementación de un modelo de calidad para la normalización del proceso de molienda de arroz. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima, Colombia. 175 p.

Zeledón, M., R. Barbosa y M. Cruz. 2007. Efecto del beneficiado de mezclas de variedades de arroz sobre variables de rendimiento molinero. Agronomía Mesoamericana 18(1):103-113. Figura 2. Relación de productos y subproductos de la trilla en el procesamiento para arroz variedades A. Cimarrón barinas, B. Yacu-9, C. FD-50 y D. FD-473

Estudio de la adición de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en pan de molde

Study of the addition of mashua flour (*Tropaeolum tuberosum*) in loaf bread

Gabriela Vernaza^{1*}, Anely Guerra¹, Juan Bravo¹

¹ Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Centro de Investigación de Alimentos. Avenida Occidental y Mariana de Jesús. * vlmg92835@ute.edu.ec

Resumen. El objetivo fue estudiar la adición de 5, 10 y 20% de harina de mashua en la elaboración de pan de molde. Se determinó la composición proximal de las harinas de mashua y de trigo, así como el comportamiento reológico de la harina de trigo y de las mezclas. Los panes obtenidos fueron caracterizados por el color de la corteza y el volumen específico. Los resultados de la composición proximal presentaron diferencia significativa, entre las dos harinas, en la cantidad de proteína, cenizas y fibra. La harina de mashua presentó valores superiores, alrededor de cinco veces más cenizas y de tres veces más fibra que la harina de trigo. En cambio, el contenido de proteína en la mashua fue inferior. El análisis reológico reveló que al aumentar el porcentaje de harina de mashua en la mezcla, la absorción de agua, la estabilidad de la masa y el tiempo de llegada disminuyeron. Los panes (control y con 5 % de sustitución) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de luminosidad y volumen específico. En cambio el aumento del nivel de sustitución (10 y 20 %), la luminosidad y el volumen específico disminuyeron significativamente, proporcionando productos más oscuros y de menor tamaño. La sustitución de harina de trigo por harina de mashua modificó las características reológicas de la masa, a mayor sustitución mayor cambio. Sin embargo, de la mezcla con el 5% de harina de mashua, los panes obtenidos no mostraron diferencia significativa con el control.

Abstract. The objective was to study the addition of 5, 10 and 20% of flour of mashua in loaf bread. Proximate composition of flours (wheat and mashua) and the rheological behavior of the wheat flour and the different blends were determined. The breads were characterized by the color of the crust and the specific volume. The proximate composition showed a significant difference between the two flours, in the amount of protein, fiber and ash. Mashua flour had higher values, about five times more of ash and three times more of fiber than wheat flour, whereas the protein content was lower in mashua. The rheological analysis showed that increasing the percentage of mashua flour in the dough, the water absorption, dough stability and time of arrival decreased. Breads (control and 5% substitution) did not show differences in the luminosity and specific volume values. In contrast, increasing the level of substitution (10 and 20%), luminosity and specific

volume decreased significantly, providing darker and smaller products. Substitution of wheat flour by flour mashua modified the rheological characteristics of the dough. However, bread obtained with 5% of mashua flour, did not show significant difference from the control.

INTRODUCCIÓN

Dentro del grupo de las raíces y tubérculos andinos (RTAs) se encuentra la mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Es originaria de los Andes centrales, especialmente se encuentra en el Ecuador, Perú, Colombia y Bolivia. En Ecuador la mashua es cultivada con fines de autoconsumo o para alimentación animal, nutricionalmente el consumo de mashua aporta principalmente carbohidratos, como fuente de energía. La combinación de aminoácidos esenciales es adecuada en relación con las proteínas presentes. Posee niveles altos de minerales, calcio, fósforo, hierro y carotenos, en relación con la papa y los otros tubérculos andinos. (Espin et al., 2004).

Las RTAs poseen el potencial de contribuir al desarrollo socioeconómico de la población en las áreas rurales. Sus características agronómicas y bioquímicas son apropiadas para su transformación, proceso necesario para expandir su utilización (Espin et al., 2004). El uso de harinas de tubérculos se presenta como una alternativa en la industria alimentaria, y puede ser utilizado en la formulación de productos de panificación, sopas deshidratadas, formulaciones para comida de lactantes, snacks, entre otros (Ammar et al., 2009). Hoy en día los esfuerzos por encontrar sustitutos de la harina de trigo son crecientes, y muchas posibilidades están en auge, como: la harina de maíz, cebada, quinua, papa, yuca y camote. Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura científica estudios que sustituyan harina de mashua por harina de trigo. Por lo que el objetivo fue estudiar la adición de un 5, 10 y 20% de harina de mashua en la elaboración de pan de molde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó mashua del ecotipo amarillo (Tungurahua, Ecuador) y cuya harina fue obtenida tras la deshidratación de la mashua a 50°C durante 8 horas, seguida de la molienda. La harina de

trigo fue la especial para panificación. En las harinas de mashua y de trigo, se cuantificó su composición proximal (humedad, proteína, cenizas, grasas, fibra y carbohidratos) siguiendo las metodologías descritas por las normas INEN, (2006). Los análisis del comportamiento reológico de la harina de trigo y de las diferentes mezclas con la harina de mashua (5%, 10% y 20%), se realizaron a través del mixolab estándar, siguiendo la metodología AACC 54-60-01. Los panes obtenidos fueron caracterizados por el volumen específico, método 10-05 de la AACC (2000) utilizando semillas de quinua. La luminosidad (L*) fue medida con el colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-410). Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente por el ANOVA y el test de Tukey, para verificar la existencia de diferencias significativas entre las muestras, con el programa Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la Materia Prima. En la Tabla 1 se presenta la composición proximal de las materias primas. Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros establecidos por la norma técnica ecuatoriana INEN (2006). El valor de la proteína de la harina de mashua está de acuerdo a Espin et al., (2004), quienes reportaron que la cantidad de proteína de la mashua depende de la variedad con valores entre 7- 14 %. La harina de mashua presenta alrededor de cinco veces más cenizas y alrededor de tres veces más fibra que la harina de trigo. A pesar de que la mashua presente menor cantidad de proteínas que la harina de trigo, posee valores nutricionales altos, por lo que se considera como una opción al momento de sustituir harinas, prefiriéndole a la de yuca, con proteína de 1,4% y a la harina de malanga con 5,17%.

Análisis reológico de las diferentes formulaciones.

El comportamiento reológico de las diferentes mezclas (5, 10 y 20%) se presenta en la Tabla 2, en la que se observa que al aumentar el porcentaje de harina de mashua, la absorción de agua, la estabilidad de la masa y el tiempo de llegada disminuyen. El parámetro C2 indica el debilitamiento de las proteínas, donde la muestra con sustitución del 20% presenta una disminución más rápida en su consistencia que las otras muestras, lo cual indica que no hay una gran cantidad de gluten, a pesar de que la mashua presentó una cantidad considerable de proteínas (10,40%), por lo que no permite retener el gas y generar productos con volumen adecuado.

Color del pan de mashua. En la Tabla 3 se presentan los resultados de la luminosidad (L*) de los diferentes productos. Es importante resaltar que las muestras control y con sustitución del 5% no presentan diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado, al aumentar el nivel de sustitución de 10 a 20%, la luminosidad disminuye significativamente, proporcionando productos más oscuros. A altas temperaturas se producen las reacciones de Maillard responsables del color, por lo que al aumentar la concentración de azúcares reductores, el producto podrá presentar una mayor intensidad de reacción (Delcour y Hosney, 2010). Esto indicaría que la cantidad de azúcares reductores sería mayor en la harina de mashua.

Volumen específico de los panes. Los valores obtenidos en el análisis de volumen específico (Tabla 3) demuestran que no hubo diferencia significativa entre el pan control y la formulación con sustitución del 5%. Los valores obtenidos demuestran que a mayor sustitución, menor volumen. La disminución del volumen se debe a la dilución del gluten al sustituir la harina de trigo por la de mashua, disminuyendo la retención de CO₂.

Tabla 1. Análisis proximal de las materias primas

PARÁMETRO	Harina de mashua ¹	Harina Trigo ¹
Humedad (%)	13,80 ± 0,07a	13,34 ± 0,02a
Proteína (%)	10,40 ± 0,02b	13,90 ± 0,01a
Grasa (%)	1,70 ± 0,08a	1,32 ± 0,01a
Ceniza (%)	5,68 ± 0,01a	0,64 ± 0,01b
Fibra (%)	6,24 ± 0,10a	2,07 ± 0,03b
Carbohidratos totales (%) *	62,18	68,66

¹media ± desvío estándar (n=2)

*Calculado por diferencia

Tabla 2. Caracterización del comportamiento reológico de las diferentes mezclas

Características	Control		5%		10%		20%	
Absorción de agua (%)	64,9		63,8		63,6		62,6	
Estabilidad (min)	8,73		7,07		6,87		7,23	
Par	Par	Tiempo	Par	Tiempo	Par	Tiempo	Par	Tiempo
C1 (Nm)	1,07	4,33	1,13	3,43	1,10	3,67	1,10	3,75
C2 (Nm)	0,44	16,70	0,45	16,70	0,41	16,80	0,33	17,08
C3 (Nm)	1,42	29,93	1,51	27,15	1,48	26,47	1,42	27,97
C4 (Nm)	1,36	31,42	1,44	31,47	1,38	31,35	1,36	30,40
C5 (Nm)	1,89	45,05	2,10	45,03	1,94	45,05	1,89	45,03

C1: desarrollo de la masa; C2: debilitamiento de las proteínas basado en el trabajo mecánico y la temperatura; C3: gelatinización del almidón; C4: estabilidad del gel del almidón formado; C5: retrogradación del almidón durante la etapa de enfriamiento.

Tabla 3. Luminosidad (L*) y volumen específico de las diferentes formulaciones de pan

	0%	5%	10%	20%
L*	68,41±1,73a	69,21±1,62a	59,91±3,92b	54,93±1,13c
Volumen específico (g/cm ³)	60.5±4.20a	58.75±2.98ab	53.50±3.00bc	47.01±2.58c

Media ± desviación estándar (n=3). *Letras minúsculas en la misma línea indican diferencias significativas

CONCLUSIONES

La sustitución de harina de trigo por harina de mashua modificó las características reológicas de la masa, a mayor sustitución mayor cambio. Sin embargo, al sustituir 5% los panes obtenidos no mostraron diferencia significativa con el control.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el contexto del proyecto de investigación VI.UIO.ING.27 de la Universidad Tecnológica Equinoccial Quito – Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

AACC, American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved methods of the AACC. Décima edición. The American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, EEUU.

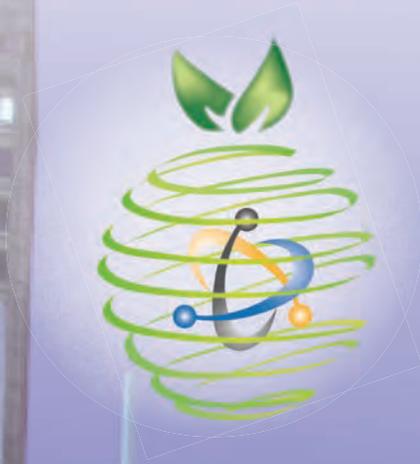
Ammar, M. S., A.E. Hegazy y S.H. Bedeir. 2009. Using Taro Flour as Partial Substitute of Wheat Flour in Bread Making. World Journal of Dairy & Food Sciences 4: 94-99.

Delcour, J. y C. Hoskeney. 2010. Principles of cereal Science and Technology. Tercera Edición. AACC International, St. Paul, Minnesota. 267 p.

Espin, S., E. Villacres y B. Brito. 2004. Caracterización físico-química, nutricional y funcional de las raíces y tubérculos andinos. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

INEN 616 (2006). Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 616:2006. Harina de trigo - Requisitos. Quito, Ecuador.

Espín, S., E. Villacrés, E. y B. Brito. 2004. Capítulo 4: Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. Pp. 91-116. En Barrera, V., Tapia, C. Monteros, A. (ed). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Primera Edición. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito. 174p.



Ciencia de Materiales Alimentarios

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Caracterización Físicoquímica y Morfológica del Almidón de Papa Criolla (<i>Solanum Phureja</i>) Para el Uso en la Industria Alimentaria y no Alimentaria <i>Julián David Velásquez Herrera; Jairo Montoya López y Juan Carlos Lucas Aguirre</i>	478
Propiedades Estructurales de Películas a Base de Almidón y Policaprolactona <i>Rodrigo Ortega-Toro; Sofía Collazo-Bigliardi; Jessica Contreras; Pau Talens y Amparo Chiralt</i>	480
Efecto del método de extracción sobre las propiedades físicoquímicas de almidones nativos <i>María Paula Romero Hoyos; Juan Carlos Lucas Aguirre; Julian David Velásquez Herrera; Lisbet Paola Trujillo Rodríguez; Sebastián Henao Ossa</i>	482
Caracterización Físicoquímica y Morfológica de Harina de Papa Criolla (<i>Solanum Phureja</i>) <i>Julián David Velásquez Herrera; Juan Carlos Lucas Aguirre y Jairo Montoya López</i>	484
Evaluación de la Adhesión de la Fibra de Fique en un Bioplástico de Harina de Yuca <i>Diana Paola Navia P., Héctor Samuel Villada C., Alfredo Adolfo Ayala A.</i>	486
Evaluación de Propiedades Térmicas de Biocompuestos de harina de Yuca Durante su Almacenamiento <i>Diana Paola Navia P., Alfredo Adolfo Ayala A., Héctor Samuel Villada C.</i>	488
Caracterización de los Tubérculos de Cubio (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) y Extracción del Almidón <i>Patricia Castillo; Pablo Rodríguez F</i>	490
Efecto de la Cocción Sobre la Digestibilidad y el Almidón Resistente en Productos Vegetales Amiláceos <i>Patricia Millán Cruz; Alejandro Fernández Quintero; Dominique Dufour</i>	492
Efecto de un Plastificante y Emulsificante en las Propiedades Mecánicas y de Barrera de Películas Comestibles de Goma de Tara <i>Darío Pavón Vargas; Silvia Valencia Chamorro</i>	494
Properties of Pea Starch–chitosan Films as Affected by Cinnamon Leaf Essential Oil and Oleic Acid <i>Ángela Perdonés, María Vargas, Lorena Atarés, Amparo Chiralt</i>	496
Extracción y Caracterización de Almidón de Arracacha Blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza bancroft</i>) <i>Elkyn Bohórquez; Pablo Rodríguez</i>	498
Evaluación de las Propiedades Funcionales y Térmicas del Almidón de Papa Criolla <i>Lucas Aguirre Juan Carlos, Velásquez Herrera Julián, Montoya López Jairo</i>	500
Estabilidad Estructural de una Película Flexible Obtenida a Partir de Almidón Termoplástico con Ácido Esteárico <i>Giovanni Alejandro Varona B., Camilo Elías Montilla B., Karen Lorena Delgado M. y Héctor Samuel Villada</i>	502
Extracción y Caracterización de Almidón de “Bore” (<i>Alocasia macrorrhiza</i>) <i>Nancy Ariza; Pablo Rodríguez</i>	504
Diseño y Caracterización de Películas Comestibles con Almidón de “Bore” (<i>Alocasia macrorrhiza</i>) <i>Nancy Ariza; Pablo Rodríguez</i>	506
Efecto del Sorbitol sobre la Relajación Estructural en Películas de Gelatina en Estado Vítreo <i>Paulo Díaz-Calderón; Frank Quero; Bill MacNaughtan; Mina Rousenova; Javier Enrione</i>	507
Películas de Gelatina Adicionadas de Bagazo de Caña de Azúcar Pirolisado <i>Tapia-Blácido, D.R.</i>	510
Influencia del Tamaño de Partícula de Fibras de Fique Sobre la Resistencia Mecánica de Bioplásticos <i>Diana Paola Navia P., Alfredo Adolfo Ayala A., Héctor Samuel Villada C.</i>	513

Aplicación de la Espectroscopia Eléctrica en Muestras para el Control del Salado de Lomo de Bovino <i>Olga Lucía Torres Vargas; Jhon Jairo Prías Barragán; Alejandro Flórez Marín</i>	515
Influencia del Pretratamiento Osmótico y Temperatura de Liofilización Sobre la Estabilidad Amorfa de Pitahaya Amarilla <i>Carlos Julián Giraldo Cuartas; Alfredo Ayala Aponte y Liliana Serna Cock</i>	518
Caracterización Físicoquímica del Aislado Proteico de Arenca (<i>Triportheus magdalenae</i>) <i>F. Barrios; S.E: Quintana y L.A García-Zapateiro</i>	521
Films Compuestos de Almidón-PVA: Hacia una Nueva Generación de Materiales de Envases Biodegradables <i>Amalia I. Cano, Maite Cháfer, Amparo Chiralt, Chelo González-Martínez</i>	523
Propiedades Mecánicas de Matrices Hechas de Harina Pregelatinizada de Yuca Variedad mbra 383 y Fique <i>Luis Eduardo Bustamante, Alcy René Cerón Mosquera y Héctor Samuel Villada Castillo</i>	526
Propiedades Físicoquímicas, Reológicas y Estabilidad de Emulsiones Adicionadas con Lecitina de Soya y Goma Xantana <i>Luis J. Pérez Córdoba, Perla Relkin, Paulo J. Sobral, Ricardo Durán Barón</i>	529
Estudio Preliminar de Validación de una Metodología Analítica para Determinación de Flavonoides en Mieles Colombianas <i>Edith M. Castro C.; Alexander Erazo V.; Marta Quicazan S. y Juan C. Marin L.</i>	531
Estabilidad de un Sistema Coloidal a Base de Aguacate con Fines de Secado por Aspersión <i>Alejandra María Marulanda; Juliana Gaviria; Marilza Ruiz-Ruiz; Misael Cortes</i>	534
Propiedades Físicas y Estructurales de Almidones de <i>Xanthosoma Sagittifolium</i> , <i>Arracacia Xanthorrhiza</i> y <i>Manihot Esculenta</i> <i>Giraldo López, L., Gil Giraldo E., Lucas Aguirre, J.C. y Quintero Castaño V. D.</i>	537
Caracterización Físico -Química de Semillas del Arbol de Pepepan (<i>Artocarpus camansi</i> Blanco), Cultivado en Tumaco -Nariño. <i>Ángela María Triviño Arévalo; Nivea Cristina Garzón Gómez</i>	540
Comportamiento Térmico de Almidones de <i>Xanthosomasagittifolium</i> , <i>Arracaciaxanthorrhiza</i> y <i>Manihotesculenta</i> <i>Giraldo López, Luisa Fernanda ; Gil Giraldo Erika; Lucas Aguirre, Juan Carlos; Quintero Castaño, Víctor Dumar.</i>	543
Elaboración y Caracterización de Películas Comestibles a partir de Almidón de Arracacha (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i> Bancroft) <i>Elkyn Bohórquez ; Pablo Rodríguez</i>	546
Cuantificación de Selenio por Espectrometría de Absorción Atómica en Termoformados y Películas Flexibles Biodegradables <i>Maite Rada Mendoza, Lila Marcela Claros, Olga Lucía Hoyos S.</i>	548
Efecto del Secado Convectivo Sobre el Encogimiento de Estrellas de Carambolo (<i>Averrhoa carambola</i>) <i>Nidia Casas Forero, Adriana Espinosa Vargas, Sirleny González</i>	551
Extracción y Caracterización de Pectinas a Partir del Fruto de LimonSwinglea (<i>Swinglea glutinosa</i>). <i>Liliana Sotelo; Sindy Emeri; Guillermo Arrazola; Armando Alvis</i>	553
Impregnación de Propóleo Utilizando Co2 Supercrítico en Polietileno para la Obtención de un Envase Activo <i>Ulloa, P.A., Tapia, D., Romero, J., Salazar, F. N., Guarda, A., Galotto, M. J.</i>	555
Efecto del Ácido Cítrico en Películas elaboradas a base de Almidón Termoplástico de Yuca <i>Pedro Albán Bolaños, Diego Fabián Joaquín Daza , Héctor Samuel Villada Castillo , Camilo Elías Montilla Buitrago</i>	559
Efecto de la Inclusión de Aceites Esenciales de Tomillo y Romero y el Almacenamiento de Películas de Quitosano <i>William Albarracín H.; Nathalia Valderrama B.</i>	561
Determinación de las Condiciones de Proceso para la Elaboración de una Bandeja Semirrígida Biodegradable <i>Karen Lorena Delgado Muñoz; Elsa Susana Cajiao Buitrón; Héctor Samuel Villada Castillo</i>	564
Evaluación Funcional de una Bandeja Biodegradable obtenida a partir de Harina de Yuca y Fibra de Fique <i>Gustavo Adolfo Manrique B.; Héctor Samuel Villada C. ; Elsa Susana Cajiao B</i>	566
Efecto del Ácido Esteárico en Películas Flexibles de Almidón de Yuca: Propiedades Mecánicas y Térmicas <i>Camilo Elías Montilla B; Karen Lorena Delgado M; Giovanni Alejandro Varona B y Héctor Samuel Villada C</i>	568

Caracterización Física de Semillas de Chachafruto (<i>Erythrina edulis</i> T) <i>Katerine Muñoz, Victoria Escobar, Pablo Rodríguez, Amanda Parra C., Camilo Elías Montilla B., Giovanni Alejandro Varona B. y Héctor Samuel Villada</i>	570
Efecto de un empaque de almidón de Yuca sobre la vida útil del banano bocadillo (<i>mussa acuminata</i>) <i>Amanda Parra C., Camilo Elías Montilla B., Giovanni Alejandro Varona B., Héctor Samuel Villada</i>	572
Transferencia de Materia y Aspectos Energéticos del Secado Convectivo de Hojas de Estevia (<i>Estevia rebaudiana</i> Bertoni) <i>Vega, A., Moraga, N., Lemus, R., Astudillo S., Puente, L.</i>	574
Diferenciación de Miel de Abejas Procedentes de Cultivos de Frutos Tropicales Utilizando Nariz Electrónica <i>Consuelo Díaz-Moreno, Rodrigo Vásquez</i>	576
Efecto de la Humedad en Propiedades Físicas de Semillas de Arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) <i>William Díaz, Andrés Cerón C Oswaldo Osorio M; Diego Mejía E.</i>	579
Caracterización Térmica y Estructural de Polihidroxialcanoatos Utilizando Almidon Nativo de Yuca (manihot esculenta crantz) <i>José Luis Hoyos S; Edier Gaviria Acosta; Ivan Otero Ramirez</i>	581
Evaluación Termogravimétrica de Tres Fases de Borojó (<i>Borojoa patinoi</i> . Cuatrecasas) Como Material de Pared Para Microencapsulación Pectin Methyl Esterase Activity Evaluation and its Effect on Papaya Firmness (<i>Carica papaya</i> L.) <i>Néstor Sanchez; Gabriela Caez Ramírez</i>	583
Pectin Methyl Esterase Activity Evaluation and its Effect on Papaya Firmness (<i>Carica papaya</i> L.) <i>Néstor Sanchez; Gabriela Caez Ramírez</i>	586
Ácidos Grasos Contenidos en el aceite extraído de semillas de Tomate de Arbol (<i>Solanum betaceum</i>) <i>Andrés Felipe Cerón; Oswaldo Osorio M</i>	589
Evaluación de la Retención de Biopolímeros sobre Superficie de Uvas en Aplicaciones por Pulverización <i>Anna Marín; Lorena Atarés; Amparo Chiralt; Maite Cháfer</i>	591
Efecto del tipo de plastificante en las propiedades de las películas elaboradas a partir del sub-producto de babasú <i>Manigliá, B.C.; Lucas, A. de A.; Tapia-Blácido, D.R.</i>	593
Caracterización Físicoquímica de Almidón de Achira (<i>Canna Edulis</i> Ker) Pregelatinizado en Secador De Rodillos <i>Paola Jaramillo Montenegro, Angélica Sandoval Aldana, Freddy Forero Longas, Alejandro Fernández Quintero</i>	597
Influencia del Contenido de Humedad y Sales en las Propiedades Dieléctricas de la Carne de Bovino <i>Olga Lucía Torres Vargas; Jhon Jairo Prías Barragán; Álvaro Andrés Navarro P</i>	599

Caracterización Físicoquímica y Morfológica del Almidón de Papa Criolla (*Solanum Phureja*) Para el Uso en la Industria Alimentaria y no Alimentaria

Physical Chemistry and Morphological Characterization of Creole Potato Starch (*Solanum phureja*) For Use in Food Industry and no food

Julián David Velásquez Herrera¹; Jairo Montoya López² y Juan Carlos Lucas Aguirre²

1 Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad del Quindío

2 Profesor Asistente Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad del Quindío. E-mail: jclucas@uniquindio.edu.co

Resumen. En el presente trabajo se caracterizó físicoquímica y morfológicamente el almidón de papa criolla *Solanum phureja*. Se realizó el análisis proximal y se estudiaron las diferentes formas, tamaños y estructuras cristalinas de los gránulos de almidón. En el análisis proximal sobresale el contenido de grasa (5,48%) y proteína (2,38%). La microscopía electrónica de barrido SEM, mostró gránulos que van desde 5 μm hasta 35 μm , de forma ovalada. La difracción de rayos X mostró patrones de tipo B para el almidón, con estructuras semicristalinas.

Palabras Clave: Papa criolla, Almidón, Análisis Proximal, SEM, Difracción de rayos X.

Abstract. In this paper the potential of starch from creole potato (*Solanum phureja*) was evaluated. Proximate analysis was carried out and different shapes, sizes and crystal structures of the starch granules were studied. Proximate analysis excels in fat content (5.48%) and protein (2.38%). The SEM scanning electron microscopy showed granules ranging from 5 microns to 35 microns with oval shape. The X-ray diffraction showed standards for the type B starch, with semicrystalline structures.

Key words: Creole Potato, Starch, Proximal analysis, SEM, X-ray Diffraction.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los productos básicos de la seguridad alimentaria para amplios grupos de población, con un área sembrada aproximadamente de 8000 ha. Tiene muchas alternativas de uso y consumo tanto alimentario y no-alimentario (Bonilla *et al.*, 2009). Hasta el momento no existen en el mercado productos a base de harina y almidón de papa criolla, pudiendo ser estos base para la elaboración de diferentes productos para la industria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de almidón: La papa criolla se cortó en rodajas; se licuó con agua destilada por 1 min a baja velocidad, el

homogenizado se pasó a través de una malla de 54 μm , con adición de agua destilada hasta que el agua de lavado estuviera completamente limpia; luego el filtrado se centrifugó a 10800 x g por 10 min. El sedimento correspondiente al almidón se secó en un horno de convección a 40°C por 24h y se almacenó a 12°C y 92 % de humedad (Mestres, 1993).

Análisis proximal: La proteína cruda N x 6.25 se midió por el micro-Kjeldahl método 46-13, AACC 2000, la humedad método 925.10, AOAC 2000, el éter de extracto seco total método 30-25, AACC 2000 y cenizas método 08-01, AACC 2000, la fibra dietética insoluble, soluble y la total método 992.16, AOAC 2000. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Análisis morfológico: Se utilizó un microscopio electrónico de barrido SEM JEOL, JSM-6060LV con alto vacío y con una resolución de 5nm en modo de alta tensión. Las muestras fueron fijadas en el porta muestras con cinta de carbono y montado sobre un porta muestras de bronce. El análisis se realizó a 20kV de tensión de aceleración de electrones y 12-20 Pa de presión de la cámara, obteniendo imágenes en las superficies de fractura con la señal de electrones secundarios.

Difracción de Rayos X: Se cubrió totalmente la estructura de aluminio para muestras con el almidón, se realizó a temperatura ambiente. Se utilizó un difractómetro Siemens D5000, a 35 kV y 15 mA, con una longitud de onda de radiación $\lambda=1,5406$ Å de Cu K α y con una escala de 2 θ de 4° hasta 40° y una amplitud en cada punto de 0,02°.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento en almidón: El porcentaje de cascara y pulpa fueron 20,83% y 78,70% respectivamente, con un rendimiento de almidón del 12,34%, valor un poco bajo al compararlo con lo reportado por (Alarcón y Dufour 1998) con un 22,60% en tubérculos de yuca, en un proceso industrial, y similar con respecto al almidón de papa común, con un rendimiento de 16,13% (Barrera *et al.*, 2004).

Análisis proximal del almidón: Se encontró una humedad: $18,81\% \pm 0,05$, fibra: $0,16\% \pm 0,01$, grasa: $5,48\% \pm 0,21$, cenizas: $0,29\% \pm 0,13$, proteína: $2,38\%$ y carbohidratos: $72,88\%$. Al compararlos con el almidón de yuca se encontraron diferencias especialmente en humedad $8,47\%$; grasa $0,31\%$; proteína $0,60\%$ (Alvis *et al.*, 2008), siendo mayores en este trabajo.

Análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM): En la figura 1, se observa la aglomeración por secciones de los gránulos formando una estructura ovoide típica de los almidones de papa. Su tamaño varía desde 5 hasta $35 \mu\text{m}$, su forma es ovalada y textura lisa, los gránulos más pequeños son considerados como más resistentes a procesos con altas temperaturas como la esterilización, con mayor capacidad de asociación y adhesión con otros compuestos y mayor digestibilidad.

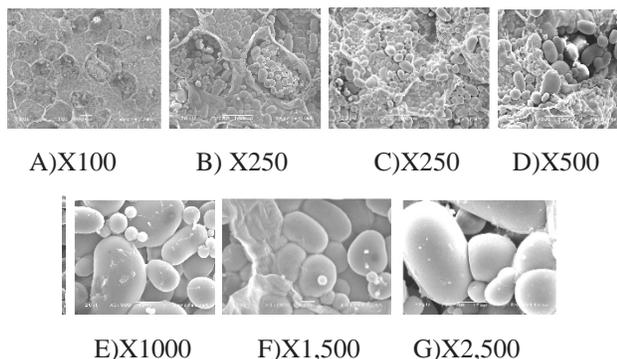


Figura 1. Micrografías del almidón de papa criolla

La forma del gránulo del almidón y su distribución, son muy diferentes con respecto al almidón de arracacha (Rodríguez *et al.*, 2005), que presentan gránulos irregulares pero su distribución es de forma esférica. Se observó una gran similitud con los gránulos de almidón de papa nativa, lo que concuerda con lo reportado por (Yadav, 2005; McPherson y Jane, 1999; Sujka y Jamroz 2009).

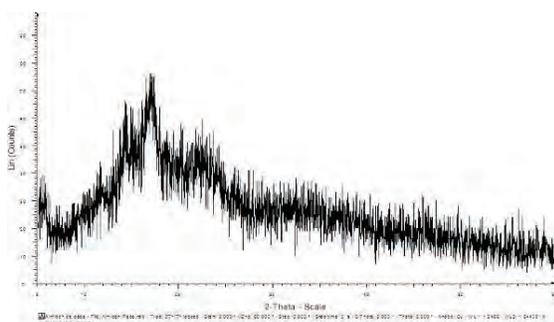


Figura 2. Difractograma DRX del almidón de papa criolla

Análisis de difracción de rayos X: Se obtuvo un patrón tipo B, propio de los tubérculos. El difractograma (Figura 2), mostró una estructura semicristalina con picos a los 17° , 19° y 22° , coincidiendo con el almidón de papa (*Solanum tuberosum* L), pudiendo establecer que ambos almidones podrían tener las mismas propiedades (McPherson y Jane, 1999; Yadav, 2005).

CONCLUSIONES

El almidón de papa criolla es una buena fuente de proteína y grasa, que podría utilizarse en la elaboración de productos alimenticios. La forma ovalada y textura lisa de los gránulos de almidón ofrece una gran alternativa debido a su capacidad de asociación y adhesión con otros compuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC International. 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Method 08-01, Method 30-25 and Method 46-13. The Association: St. Paul, MN.
- Alarcón, F. y D. Dufour. 1998. Almidón agro de yuca en Colombia: producción y recomendaciones. Centro de Internacional de Agricultura Tropical CIAT. 1V:35p
- Alvis, A., C.A. Vélez, H.S. Villada, M. Rada-Mendoza M. 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información Tecnológica. 19(1): 19–28.
- AOAC 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed. Maryland USA, Official Method 968.08: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th Ed. Method 925.10, 920.86, 992.16 and 965.17. The Association: Gaithersburg, MD. USA.
- Barrera, V., C. Tapia y A. Monteros. 2004. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa. Quito, Ecuador - Lima, Perú. 176p.
- Bonilla, M.H., F. Cardozo y A. Morales. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la papa en Colombia con énfasis en papa criolla. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Giro Editores Ltda. Bogotá D. C. 174p.
- McPherson, A. E. and J. Jane. 1999. Comparison of waxy potato

with other root and tuber starches. Elsevier. Carbohydrate Polymers. 40: 57-70.

Mestres, C. 1993. Comparison of various processes of making maize pasta. Journal Cereal Science. 17: 277-290.

Rodríguez, D., M. M. Espitia, Y. Caicedo, Y. Cordoba, Y. Baena, C. Mora. 2005. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 34(2): 140-146.

Sujka, M. and J. Jamroz. 2009. α -Amylolysis of native potato and corn starches – SEM, AFM, nitrogen and iodine sorption investigations. LWT – Food Science and Technology. 42: 1229-1224.

Yadav, R.A. 2005. Rheological and functional properties of potato and sweet potato flour and evaluation of its application in some selected food products. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Food Technology. University of Mysore – India. 131p.

Propiedades Estructurales de Películas a Base de Almidón y Policaprolactona

Structural Properties of Starch and Polycaprolactone Based Films

Rodrigo Ortega-Toro^{1*}; Sofía Collazo-Bigliardi; Jessica Contreras; Pau Talens² y Amparo Chiralt³

1* Estudiante de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria. Universitat Politècnica de València. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España. rodorto@etsiamn.upv.es

2 Profesor Titular de Universidad. Universitat Politècnica de València.

Departamento de Tecnología de Alimentos. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

3 Catedrático de Universidad. Universitat Politècnica de València. Departamento de Tecnología de Alimentos. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España. dchiralt@tal.upv.es

Resumen. Se estudiaron las propiedades mecánicas de películas a base de almidón de maíz y policaprolactona (PCL) obtenidas mediante moldeo por compresión. Se empleó Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) para obtener información sobre la nano- y micro-estructura del material. Se observó una ligera disminución de la rugosidad superficial de las películas con PCL dando lugar a superficies más suaves. Por otro lado, en las mezclas se observaron aglomerados de almidón y PCL con un orden aleatorio y cavidades en la interfase.

Palabras clave: Almidón de maíz, moldeo por compresión, nano-estructura, micro-estructura.

Abstract. Structural properties of films based on corn starch and polycaprolactone (PCL) obtained by compression molding were studied. Atomic Force Microscopy (AFM) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used to obtain information about the nano- and micro-structure of the material. Slight decrease in the surface roughness of the films with PCL was observed, this caused a smoother surface. On the other hand, in the blends were observed agglomerates of starch and PCL with a random order and cavities in the interface.

Key words: corn starch, compression molding, nano-structure, micro-structure.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de materiales biodegradables como una alternativa a los residuos de los materiales derivados del petróleo han cobrado gran importancia en los últimos años (Hubackova *et al.*, 2013). Los

materiales obtenidos a partir de mezclas de almidón con diferentes poliésteres biodegradables parecen tener buena aceptación por la industria (Di Franco *et al.*, 2004). Sin embargo, presentan algunas deficiencias como alta permeabilidad al vapor de agua y pobres propiedades mecánicas (Ortega-Toro *et al.*, 2014), que podrían mejorarse mezclándolo con polímeros cuyas propiedades mecánicas y de barrera sean más eficientes, conservando su carácter biodegradable. Un polímero que puede cumplir esas características es la policaprolactona (PCL). Aunque las mezclas entre almidón termoplástico y PCL son termodinámicamente incompatibles, su mezcla podría mejorar las propiedades mecánicas, barrera al vapor de agua y térmicas del material (Wang *et al.*, 2005). El objetivo de este trabajo fue analizar las propiedades nano- y micro-estructurales de las películas a base de almidón de maíz y PCL obtenidos mediante el método de moldeo por compresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron 4 mezclas de almidón (Roquette Laisa España, Benifaió, Spain): policaprolactona (Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Germany) 80:20, 60:40, 40:60 y 20:80 más dos controles almidón termoplástico (S) y policaprolactona pura (PCL). Se usó glicerol (Castellar del Vallès, Barcelona, Spain) como plastificante en una relación almidón:glicerol de 1:0.3. Las formulaciones fueron gradualmente mezcladas en un molino de doble rodillo (Model LRM-M-100, Labtech Engineering, Thailand) a 160 °C y 8 rpm durante 30 minutos. Las pastas obtenidas fueron acondicionadas a 25

°C y 53% HR durante 48h y posteriormente sometidas a un proceso de moldeo por compresión con una prensa hidráulica (Model LP20, Labtech Engineering, Thailand). Se precalentaron 4 g de pasta en la unidad de calentamiento durante 5 min, posteriormente las muestras se sometieron a 30 bares de presión durante 2 min seguido de 130 bares durante 6 min. Después se activó el ciclo de enfriamiento durante 3 min.

La morfología nano-superficial de las películas se estudió mediante un Microscopio de Fuerza Atómica (Multimode 8, Bruker AXS, Santa Barbara, USA) como describe Ortega-Toro *et al.*, 2014. Para el

análisis micro-estructural de la sección transversal de las películas se usó un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-5410, Japan). Muestras almacenadas durante dos semanas en P205 fueron fracturadas con nitrógeno líquido, recubiertas con oro y observadas usando un voltaje de 10 kV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la morfología de los polímeros es esencial para entender el comportamiento de otras propiedades fisicoquímicas relacionadas. La morfología final es un balance entre los fenómenos de desintegración-deformación y coalescencia (Matzinos *et al.*,

Figura 1. Imágenes AFM 3D de películas a base de almidón y PCL almacenadas a 25 °C y 53% HR durante 2 semanas.

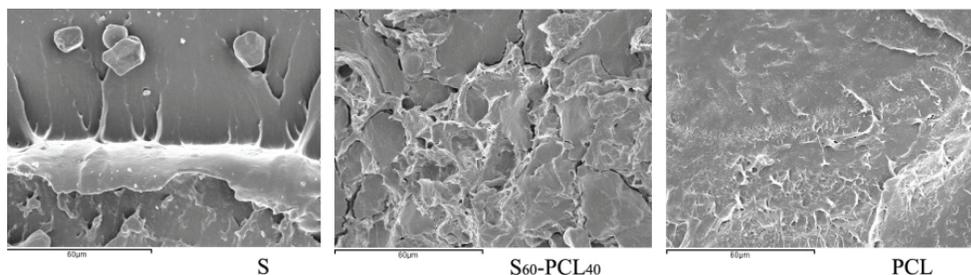
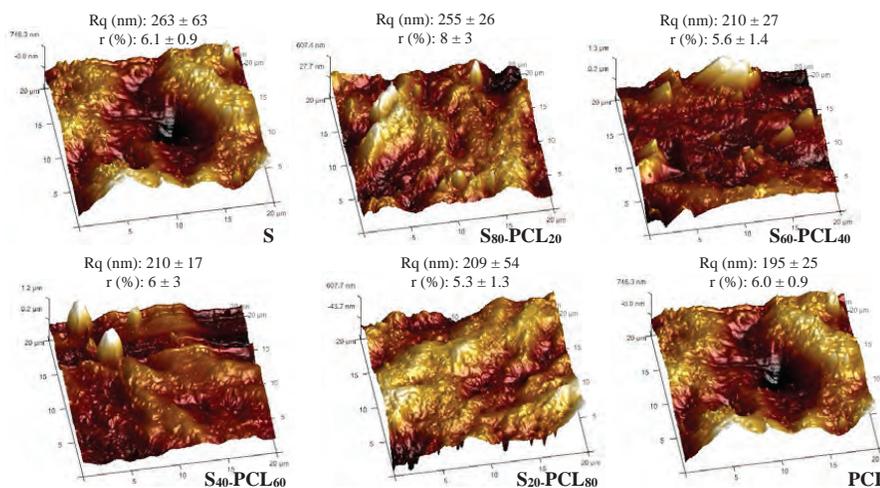


Figura 2. Micrografías SEM de sección transversal de películas a base de almidón y PCL almacenadas a 25 °C y 53% HR durante 2 semanas.

2002). En la Figura 1 se muestran las imágenes AFM-3D de las películas analizadas considerando un área de $20 \mu\text{m}^2$.

Se observa que al adicionar el PCL a la matriz de almidón la superficie se torna más suave, con menos accidentes topográficos, lo cual se relaciona con los factores de rugosidad Rq y r mostrados también en la Figura 1 que disminuyen levemente con la adición de PCL.

La Figura 2 muestra las micrografías de sección transversal de las películas estudiadas acondicionadas a 25°C y 53% HR durante 2 semanas.

Se observa que las formulaciones control (S y PCL) forman matrices continuas y compactas, en el caso de S se aprecia la deformación del material en el momento de la criofractura con nitrógeno líquido. Cuando se realiza la mezcla

de los polímeros se forma una matriz discontinua con zonas ricas en almidón y zonas ricas en PCL interpenetradas en orden aleatorio. Se observan cavidades formadas por la pobre adhesión interfacial de los polímeros a causa de sus diferentes polaridades. Este fenómeno puede causar pérdida de elongación y fuerza de tensión del material resultante (Ishiaku *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

La incorporación de PCL afecta la nano- y micro-estructura y la morfología superficial de las películas de almidón. Al adicionar PCL a una matriz de almidón termoplástico se genera, a nivel nano-estructural, disminución de la rugosidad superficial de

las películas. Por otro lado, a nivel micro-estructural de las mezclas, se observa la formación de zonas ricas en almidón y zonas ricas en PCL con cavidades interfaciales a causa de la incompatibilidad termodinámica de los materiales en las proporciones estudiadas. Se recomienda la adición de un agente compatibilizante aceptado en la industria alimentaria para mejorar las mezclas con el objetivo de desarrollar materiales de empaque en contacto directo con alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Di Franco, C. R., V.P. Cyras, J.P. Busalmen, R.A. Ruseckaite and A. Vázquez. 2004. Degradation of polycaprolactone/starch blends and composites with sisal fibre. *Polymer Degradation and Stability* 86(1): 95-103.
- Hubackova, J., M. Dvorackova, P. Svoboda, P. Mokrejs, J. Kupec, I. Pozarova, P. Alexy, P. Bugaj, M. Machovsky and M. Koutny. 2013. Influence of various starch types on PCL/starch blends anaerobic biodegradation. *Polymer Testing* 32(6): 1011-1019.
- Ishiaku, U. S., K.W. Pang, W.S. Lee and Z.A. Mohd Ishak. 2002. Mechanical properties and enzymic degradation of thermoplastic and granular sago starch filled poly (e-caprolactone). *European Polymer Journal* 38(2): 393-401.
- Matzinos, P., V. Tserki, A. Kontoyiannis and C. Panayiotou. 2002. Processing and characterization of starch/polycaprolactone products. *Polymer Degradation and Stability* 77(1): 17-24.
- Ortega-Toro, R., A. Jiménez, P. Talens and A. Chiralt. 2014. Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids* 38(1): 66-75.
- Wang, Y., M.A. Rodriguez-Perez, R.L. Reis and J.F. Mano. 2005. Thermal and thermomechanical behaviour of polycaprolactone and starch/polycaprolactone blends for biomedical applications. *Macromolecular Materials and Engineering* 290(8): 792-801.

Efecto del método de extracción sobre las propiedades fisicoquímicas de almidones nativos

The effect of the extraction method on the physicochemical properties of native starches

María Paula Romero Hoyos¹; Juan Carlos Lucas Aguirre¹; Julian David Velásquez Herrera¹;
Lisbet Paola Trujillo Rodríguez¹; Sebastián Henao Ossa¹.

1 Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. mpromeroh@uqvirtual.edu.co

2 Profesor Asistente. Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales Universidad del Quindío.

Resumen. Se determinó el efecto del método de extracción en tres tipos de almidones nativos; Mafafa (*Xanthosoma sp*), Arracacha Blanca y Morada (*Arracacia xanthorrhiza*) por tres métodos: tradicional, alcalino y ácido. Para establecer la incidencia sobre las propiedades fisicoquímicas, se implementó un Análisis de Varianza Simple, que determinó la variabilidad de la composición proximal. Se comprobó mayor variación en la composición del parámetro de cenizas de los tres tratamientos, lo que indicó que las propiedades del almidón se ven afectadas dependiendo del método de extracción que se utilice; éstas se encontraron en mayor proporción cuando se empleó el método ácido. Los resultados de varianza de los demás análisis proximales no fueron significativos.

Palabras clave: Almidón, Mafafa, Arracacha blanca, Arracacha morada, método de extracción.

Abstract. Effect of extraction method was determined by three methods (traditional, alkaline and acid) on three kind of native starches: Mafafa (*Xanthosoma sp*), White Arracacha and Purple (*Arracacia xanthorrhiza*). To establish the effect on the physicochemical properties, a simple Analysis of Variance, which determined the variability of the proximal composition, is implemented. Greater variation was found in the ash composition parameter of the three treatments, indicating that the properties of starch are affected depending on the extraction method is used, they were found in greater proportion when acid method was used. The results of variance of other proximate analyzes were not significant.

Key words: Mafafa, Arracacha Blanca, Arracacha Morada, Analysis of Variance.

INTRODUCCIÓN

Cabe señalar que muchos investigadores se han centrado en las propiedades físicas, químicas, y térmicas, pero hay pocas investigaciones sobre la comparación de las propiedades del almidón que se ven afectados por diferentes métodos de aislamiento (Uriyapongson and Rayas Duarte, 1994; Grant, 1998). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del método de extracción del almidón sobre las propiedades fisicoquímicas de almidones nativos de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en sus variedades blanca y morada y de Mafafa (*Xanthosoma sp.*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las variedades Mafafa (*Xanthosoma spp.*) Arracacha blanca, morada (*Arracacia xanthorrhiza*) de las que se extrajeron los almidones por método de extracción tradicional, alcalino y ácido. (Brumovsky, L. 2010). Para la caracterización fisicoquímica se utilizaron los métodos oficiales de análisis de la AOAC (2005), las pruebas de humedad (AOAC 925.10), cenizas (AOAC 923.03), grasa (AOAC 922.06) y fibra (AOAC 985.29 y 991.42). Se aplicó un análisis de varianza ANOVA de un factor para establecer diferencias significativas entre las variables de respuesta de cada variedad dependiendo del método de extracción, y prueba de Tukey HSD al 95% ($p < 0,05$) de confianza para saber cuál método difiere en la variable de respuesta. El software estadístico utilizado STATGRAPHICS® Centurion XV.

Método 1 (Tradicional): Las rebanadas cortadas se licuaron durante 2 minutos con agua destilada, se tamizó lavando la suspensión y se dejó sedimentar el almidón durante 24 horas.

Transcurrido este tiempo se desechó el sobrenadante y la fase sedimentada (almidón) se procedió a secarlo. (Cabrera M. Ana O., *et al*, 2007).

Método 2 (Alcalino): Las rebanadas cortadas se licuaron en 500 mL de NaOH al 0.1% y se dejó en remojo durante 18 horas. Transcurrido este tiempo se licuó nuevamente por 2 minutos, se neutralizó la suspensión con HCL a 1M hasta un pH de 6,5 y se tamizó. Se dejó sedimentar el almidón y se desechó el sobrenadante, el almidón se llevó a secado. (Wang, L., and Wang, Y.J., 2004).

Método 3 (Ácido): Se rebanaron y se molieron en una licuadora casera a máxima velocidad por 5 minutos, se remojó en agua destilada (relación 1:10, p/v) a 25 °C por 16 h. Se licuó nuevamente. Se tamizó en condiciones ya mencionadas y se dejó sedimentar. Se formaron dos fases, la superior de color gris (proteína, lípidos y almidón que no alcanzaron a separarse) y la inferior de color blanco (almidón) con la cual se realizó una extracción secuencial con diferentes solventes, se usó NaCl al 0,5 M, NaOH al 0,1 M, etanol al 70% y ácido acético al 50% (en relación 1:10, p/v, con cada solvente), cada uno de ellos por 1 h. Cada solvente se descartó por centrifugación. Para los tres métodos, el almidón se secó en una estufa con recirculación de aire a 40°C por 24 h, se molió y se almacenó. (Ahmed J., *et al*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio del análisis de varianza (ver Tabla 1), se evidenció estadísticamente que el contenido de proteína y grasa no varían con respecto al método de extracción utilizado, pero si hay diferencia estadística entre el contenido de humedad entre los

Tabla 1: Características fisicoquímicas de los almidones por tres métodos de extracción.

Variable de respuesta	%Humedad			%Grasa			
	Método	1	2	3	1	2	3
Arracacha Blanca (DS)		9,19±0,37(bc)	12,25±0,57	12,44±0,47	0,32±0,17	0,33±0,04	0,58±0,78
Arracacha Morada		10,16±0,21	10,97±1,11	10,57±0,61	0,27±0,11	0,22±0,05	0,25±0,09
Mafafa (DS)		10,2±0,35(abc)	11,34±2,86(abc)	12,38±1,89(abc)	0,39±0,27	0,39±0,24	0,39±0,23
Variable de respuesta	%Cenizas			%Proteína			
	Método	1	2	3	1	2	3
Arracacha Blanca (DS)		1,03±0,15(abc)	2,23±0,13(abc)	0,19±0,00(abc)	0,11±0,05	0,11±0,03	0,10±0,02
Arracacha Morada (DS)		0,88±0,17(abc)	1,37±0,02(abc)	1,02±0,11(abc)	0,11±0,01	0,12±0,02	0,11±0,01
Mafafa (DS)		0,97±0,63	0,95±0,17	0,53±0,09(ab)	0,10±0,03	0,12±0,01	0,11±0,09

Tratamiento 1: Tradicional, tratamiento 2: alcalino, tratamiento 3: ácido.

(DS): Diferencia significativa. (abc): Diferencia significativa entre los tres métodos de extracción. (bc): Diferencia significativa en el método 1 con respecto a los otros dos métodos de extracción. (ab): Diferencia significativa en el método 3 con respecto a los otros dos métodos de extracción.

métodos tradicional y ácido, y los métodos tradicional y alcalino; de igual forma, el contenido de cenizas difiere estadísticamente en los tres métodos. Con respecto al almidón de mafafa, no se presentaron diferencias estadísticas significativas en sus características fisicoquímicas, independientemente del método de extracción utilizado, excepto para el parámetro de humedad. La arracacha morada no presentó diferencias estadísticamente significativas en sus características fisicoquímicas en ninguno de los tres métodos utilizados, a excepción del contenido de cenizas que difirió entre los métodos de extracción tradicional y alcalino. Los análisis de fibra para todas las variedades evaluadas no se pudieron cuantificar debido a la poca cantidad presente en los almidones.

CONCLUSIONES

Se concluye, que el método de extracción influye en cuanto a las propiedades fisicoquímicas; ya que en los parámetros evaluados se encontró que el porcentaje de cenizas y humedad varían significativamente, también se encontró que el método tradicional difiere significativamente de los otros métodos de extracción. En cuanto a la composición proximal del almidón de *mafafa* extraído por los tres métodos (tradicional, básico y ácido), su composición es igual; esto quiere decir, que no existe diferencia significativa en la composición proximal del mismo; lo anterior, también se encontró en el almidón de arracacha

morada caracterizado por los tres métodos de extracción. A diferencia del parámetro de cenizas, lo cual por medio de la prueba de rangos múltiples se identificó, que si hay diferencia significativa entre los métodos de extracción evaluados, para las diferentes variedades utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Uriyapongson, J., P Rayas-Duarte. 1994. Comparison of yield and properties of amaranth starches using wet and dry-wet milling processes. American Association of Cereal Chemists. 571-577pp.
- Brumovsky, L. (2010). Química del almidón. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th Ed. Method 925.10, 920.86, 992.16 and 965.17. The Association: Gaithersburg, MD, USA.
- Cabrera, M., O. Ana, A. Madrigal, V. Laura and J. Vázquez. 2007. Extracción y Caracterización Química de Almidón de Plátano y Banano de las Variedades FHIA-01, 20, 21 Y 23. Documento IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Colima. pp. 306-314.
- Wang, L., and Y.J. Wang. 2004. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. J. Cereal Sci. 39:291-296 pp.
- Ahmed J., H.S. Ramaswamy, A. Ayad and I. Alli I. 2008. Thermal and dynamic rheology of insoluble starch from basmati rice. Food Hydrocolloids. 22: 278-287 pp.

Caracterización Fisicoquímica y Morfológica de Harina de Papa Criolla (*Solanum Phujera*)

*Physicochemical and Morphological Characterization of Native Potato Flour (*Solanum Phujera*)*

Julián David Velásquez Herrera¹; Juan Carlos Lucas Aguirre² y Jairo Montoya López².

¹ Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. JDVelasquezH@uqvirtual.edu.co

² Profesor Asistente. Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales Universidad del Quindío.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue caracterizar fisicoquímica y morfológicamente la harina de papa criolla *Solanum Phujera*. Para lo cual se realizó análisis proximal, se estudiaron las diferentes formas, tamaños y estructuras cristalinas de los gránulos de almidón de la harina mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD). Obteniéndose un rendimiento para la harina del 22,03%. El análisis proximal para la harina reportó un alto valor de grasa y de proteína (8,59%±0,23) y (5,47%) respectivamente. La microscopía electrónica de barrido SEM,

mostró gránulos de almidón que van desde 5 µm hasta 35 µm, la forma en su mayoría es ovalada. La difracción de rayos X mostró patrones de tipo B para la harina, con unas estructuras semicristalinas.

Palabras Clave: SEM, XRD, Análisis proximal, Gránulos de almidón.

Abstract. The aim of this study was to characterize the physicochemical and morphologically Creole potato (*Solanum Phujera*) flour. For this purpose, a proximal

analysis was performed, different shapes, sizes and crystal structures of the starch granules of the flour by scanning electron microscopy (SEM) and X-Ray diffraction (XRD) was studied, obtaining a flour performance of 22.03%. Proximate analysis reported for flour high value of fat and protein (8.59 ± 0.23%) and (5.47%), respectively. The SEM Scanning Electron Microscopy, showed starch granules ranged from 5 microns to 35 microns, mostly shape was oval. The X-Ray diffraction patterns showed type B to the flour with semicrystalline structures.

Keywords: SEM, XRD, proximal analysis, Starch grains.

INTRODUCCIÓN

La papa criolla, es considerada dentro de los tubérculos, la de mayor aporte proteico, mayor concentración de carbohidratos, de vitamina C y de hierro (Piñeros, 2009). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y morfológicas de la harina de papa criolla *Solanum Phureja*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las papas criollas *Solanum Phureja* se lavaron, pesaron y pelaron, posterior a esto se pesaron nuevamente la cáscara y las papas, estas últimas se partieron en rodajas de 1 mm de espesor. Después se pesaron las rodajas antes de secarlas y se llevaron al horno a una temperatura de 45°C durante 48 h. En el molino de bolas se obtuvo la harina, la cual se tamizó en mallas de 20 µm, 30 µm, 40 µm, 60 µm, 80 µm y fondo. Las muestras se empacaron en bolsas plásticas y se almacenaron en un refrigerador a una temperatura de 3°C (Mestres, 1993). Para la caracterización fisicoquímica se utilizaron los métodos oficiales de análisis de la AOAC (2005), las pruebas de humedad (AOAC 925.10), cenizas (AOAC 923.03), grasa (AOAC 922.06) y fibra (AOAC 985.29 y 991.42) se hicieron por triplicado y para la caracterización morfológica se hizo un análisis de microscopia electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica: El porcentaje de rendimientos en cáscara y pulpa fueron 16,48% y 82,66% respectivamente. La harina presentó un rendimiento del 26,59%, mostró bajos rendimientos con respecto a harinas obtenidas de otros tubérculos (Kulkarni *et al.*, 1999). La composición físico-química de la harina de papa criolla *Solanum Phureja* reportó una humedad del 5,04% ± 0,32, fibra insoluble del 12,60% ± 0,00, fibra soluble de 0,48% ± 0,00, grasa del 8,59% ± 0,23, cenizas del 4,14% ± 0,10, proteína del 5,47% ± 0,20 y carbohidratos del 63,11% ± 0,16.

Comparando con resultados reportados por Yadav (2005) no se encontraron diferencias en el análisis proximal excepto para el contenido graso que fue del 1% ± 0,07.

Caracterización morfológica: En las micrografías del almidón de la harina de papa criolla (Figura 1) obtenidas por SEM, se observa la aglomeración por secciones de los gránulos, semejando la estructura del almidón. La forma del gránulo del almidón de papa criolla *Solanum Phureja* y su distribución, es diferente al almidón de yuca que presenta una forma esférica y distribución redonda pero similar al almidón de papa nativa el cual presenta una forma ovoide y distribución redonda (Alvis *et al.*, 2008).

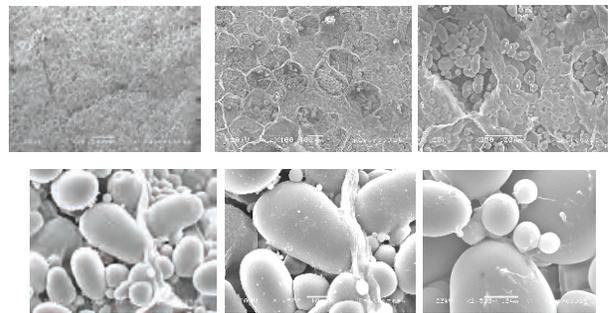


Figura 1: Micrografías de almidón de harina de papa criolla (*Solanum Phureja*) (X30, X100, X250, X1000, X1500 y X2500 respectivamente).

Se puede observar la gran similitud que presentan los gránulos de almidón de papa nativa con respecto al almidón de papa criolla *Solanum Phureja*, reportadas por (Yadav, 2005; Sujka y Jamroz 2009).

Difracción de rayos X: En la Figura 2 se muestra el difractograma para la harina de papa criolla *Solanum Phureja*, de forma tipo B, en el cual se observan los picos en 17° y 23° aproximadamente, semejándose al comportamiento de una estructura semicristalina, lo cual podría indicar la presencia del almidón en la muestra.

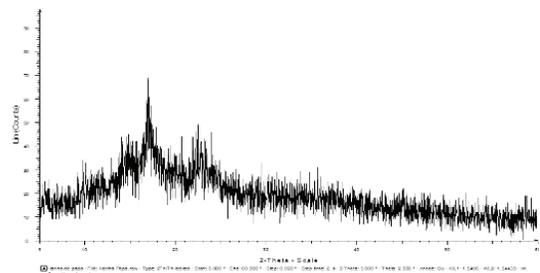


Figura 2. Difractograma DRX de harina de papa criolla *Solanum Phureja*.

En estudios realizados anteriormente, en los cuales se ha evaluado el comportamiento de harinas en el análisis de difracción de rayos X (DRX), se observa la gran diferencia que tiene el resultado de este análisis aplicado a harinas de cereales como el trigo, reportado por Piñeros (2009).

CONCLUSIONES

En el análisis proximal de la harina de papa criolla se destacan los contenidos de proteína y grasa, lo que la hace una buena materia prima. En las micrografías al almidón de harina de papa criolla *Solanum Phujera* obtenidas por (SEM), se observó una aglomeración de los gránulos formando una estructura ovoide típica de los almidones de papa, una considerable variación en el tamaño de los gránulos, una forma ovalada y textura lisa, los cuales ofrecen una gran capacidad de asociación y adhesión con otros compuestos y a su vez con él mismo. En los difractogramas obtenidos para la harina de papa criolla *Solanum Phujera* mediante DRX, se demuestra la estructura semi-cristalina propia del almidón.

Evaluación de la Adhesión de la Fibra de Fique en un Bioplástico de Harina de Yuca

Evaluation of Fique Fiber Adhesion in a Cassava Flour Bioplastic

Diana Paola Navia P.^{1*}, Héctor Samuel Villada C.², Alfredo Adolfo Ayala A.³

¹ Docente Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura. Cali, Colombia.

² Docente Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia.

³ Docente Asociado Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia

*Autor de correspondencia: dpnavia@usbcali.edu.co

Resumen. Se cuantificó la adhesión de las fibras de fique incorporadas en matrices termo-plasticadas de harina de yuca, a través de la resistencia al corte interfacial, usando la técnica de zafado de una fibra a tensión o pull out. Las matrices fueron elaboradas por termo-compresión con harina de yuca gelatinizada (HG) y con harina sin gelatinizar (HSG). Se estableció que los bioplásticos elaborados con HG presentaron valores más altos de fuerza en el zafado de la fibra a tensión y de resistencia al corte interfacial entre la fibra de fique y la matriz, frente a las muestras elaboradas con HSG.

Palabras clave: Fibra, interface, tensión.

Abstract. The adhesion of fique fibers embedded in matrices thermo-plasticized of cassava flour was quantified through the interfacial cutting strength, using the technique of a fiber-release tension or pull out. Matrices were prepared by

thermo-compression with gelatinized cassava flour (GF) and ungelatinized flour (UF). It was established that bioplastics made with GF had higher values of force in the pull out test and interfacial shear strength between fique fiber and the matrix, compared to the samples prepared with UF.

Key words: Fiber, interface, tension.

INTRODUCCIÓN

Las materias primas amiláceas y las fibras naturales son recursos viables para la elaboración de bioplásticos por su disponibilidad, economía y biodegradabilidad. La mayor parte de las aplicaciones de los bioplásticos están relacionadas con su estabilidad estructural, la cual se deriva de las interacciones entre las fibras y los componentes del material. Es posible estimar la adhesión entre las fibras y la matriz termoplástica utilizando técnicas como la microscopía electrónica de

BIBLIOGRAFÍA

- Alvis, A. C. Vélez, H. Villada, M. Rada-Mendoza. 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. 19 (1): 19-28. Información Tecnológica. 19-28 pp.
- Kulkarni, K.D., N. Govinden and D. Kulkarni. 1996. Production and use of raw potato powder in Mauritian traditional foods. The United Nations University Press, Food and Nutrition Bulletin, 17(2):148-156.
- Mestres, C. 1993. Comparison of various processes of making maize pasta. Journal cereal science. 17. On Structure and Aging Behavior. 84 (3): 277-278. Cereal Chemistry. 277-290 pp.
- Piñeros, C.J. 2009. Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla. Convenio SADE 045/06, Fedepapa. Cundinamarca. 83 pp.
- Sujka, M. and J. Jamroz. (2009). α -Amylolysis of native potato and corn starches – SEM, AFM, nitrogen and iodine sorption investigations. Department of Analysis and Evaluation of Food Quality. University of Life Sciences in Lublin. Lublin. 1220 pp.
- Yadav, R. (2005). Rheological and functional properties of potato and sweet potato flour and evaluation of its application in some selected food products. Doctorate Thesis. University of Mysore. India.

barrido, sin embargo, a nivel cuantitativo hay pocos desarrollos (Müller *et al.*, 2013). El objetivo de este estudio fue determinar cuantitativamente la adhesión interfacial fibra-matriz en muestras de biocompuestos elaborados con harina de yuca con y sin gelatinización, mediante la técnica micro-mecánica de *pull out*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se incorporaron fibras de fique en bioplásticos elaborados por termo-compresión a 200°C durante 3 min a partir de mezclas de glicerol (Sigma-Aldrich®) con harina de yuca de variedad CM 4574-7 previamente gelatinizada (HG) y sin gelatinizar (HSG), en proporción 15:85. Las fibras fueron incorporadas en la matriz termoplástica a diferentes longitudes y posteriormente extraídas mediante fuerza a tensión usando un equipo universal de ensayos (Shimadzu, EZ Test L, Japón) con una celda de carga de 500 N y velocidad de 1 mm/min. El diámetro de las fibras fue medido por microscopía óptica de alta resolución y la resistencia al corte interfacial (RCI) se calculó con la ecuación 1 (Teuber *et al.*, 2013):

$$RCI = \frac{F_{max}}{pdL} \quad (1)$$

Donde “**Fmax**” fuerza máxima a tensión soportada por la fibra, “**d**” y “**L**” son diámetro y longitud de la fibra embebida en la matriz respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1a. se aprecia un aumento de la fuerza de tensión ejercida por la fibra de fique con el incremento de la longitud de la misma tanto para las muestras de HG como de HSG; esto se debe a que cuanto mayor es la longitud de la fibra dentro de la matriz termoplástica, mayor es el área de contacto fibra-matriz y por tanto habrá una mayor fuerza de adhesión, lo que obedece a un comportamiento típico de una falla por cedencia de la matriz (Mina, 2010). Los valores de fuerza más altos en las matrices de HG pueden asociarse a la disrupción de los gránulos de almidón por la gelatinización de la harina, en la cual se liberen fracciones solubles

de amilosa favoreciendo la interacción molecular con la fibra. La fibra, por su naturaleza hidrofílica es afín a la matriz, facilitando las uniones y enlaces en la región interfacial fibra-matriz, razones por las cuales la fibra es más resistente a la tensión cuando se incorpora en una matriz termoplástica elaborada con HG. Por otro lado, durante la gelatinización, las moléculas de glicerol debilitan la región cristalina de los gránulos de almidón provocando la movilidad de las cadenas del almidón y favoreciendo la interacción de las mismas con la fibra de fique incorporada (Phetwarotai y Potiyaraj, 2012); esto genera mayor resistencia en la fibra incorporada en la matriz de HG, ante la fuerza de tensión.

En la figura 1b se nota que los valores de RCI aumentan con la disminución de la longitud de la fibra embebida tanto para las muestras de HG como de HSG, siendo más altos para HG. De acuerdo con Ashogbon y Aquintayo (2014) la gelatinización del almidón favorece su adhesión con los componentes de la mezcla. Este comportamiento puede asociarse a la disponibilidad que presenta el almidón en la HG para unirse a la fibra, ya que la pérdida estructural de los gránulos por la gelatinización potencia las regiones amorfas las cuales facilitan el acoplamiento y unión con otros componentes de la matriz. Resultados similares se han reportado en matrices de ácido poliláctico y fibras de sisal (Kalia *et al.*, 2013).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco de un proyecto financiado por la Universidad San Buenaventura, la Universidad del Cauca y la Universidad del Valle.

CONCLUSIONES

El proceso de gelatinización de la harina de yuca favorece la adhesión entre la fibra de fique y la matriz termoplástica evidenciándose a través de los valores de RCI y fuerza de tensión resultante de la prueba de pull out. Las fibras de fique de longitud 5mm presentaron los valores de RCI más altos.

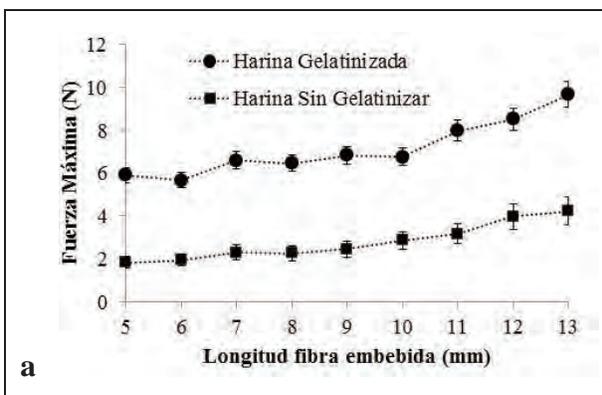


Figura 1a. Curva Fuerza máxima vs longitud de fibra de fique embebida en los bioplásticos

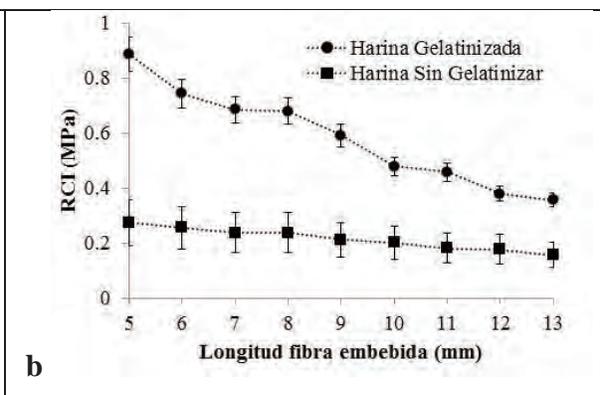


Figura 1b. Curva de RCI para fibra de fique en los bioplásticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashogbon, A., and E., Akintayo. 2014. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch/Stärke* 66(1-2): 41–57.
- Kalia, S., K. Thakur, A. Celli, M. Kiechel and C. Schauer. 2013. Surface modification of plant fibers using environment friendly methods for their application in polymer composites, textile industry and antimicrobial activities: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 1(3): 97–112.
- Mina, J. Preparación y caracterización físico-química y mecánica de materiales compuestos de PLA/PCL/TPS reforzados con fibras de fique. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle, Cali (Colombia). 162 p.
- Müller, P., K. Renner, J. Móczó, E. Fekete, and B. Pukánszky. 2013. Thermoplastic starch/wood composites: Interfacial interactions and functional properties. *Carbohydrate Polymers*. Article in press. 9p.
- Phetwarotai, W., P. Potiyaraj and D. Aht-Ong. 2012. Characteristics of biodegradable polylactide/gelatinized starch films: Effects of starch, plasticizer, and compatibilizer. *Journal of Applied Polymer Science* 126(S1): E162–E172.
- Teuber, L., H. Fischer and N. Graupner. 2013. Single fibre pull-out test versus short beam shear test: comparing different methods to assess the interfacial shear strength. *Journal of Material Science* 48(8): 3248–3253.

Evaluación de Propiedades Térmicas de Biocompuestos de harina de Yuca Durante su Almacenamiento

Evaluation of Thermal Properties of Cassava Flour Biocomposites During storage

Diana Paola Navia P.^{1*}, Alfredo Adolfo Ayala A.², Héctor Samuel Villada C.³

¹ Docente Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia.

² Docente Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

³ Docente Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia *Autor de correspondencia: dnavia@usbcali.edu.co

Resumen. El conocimiento del comportamiento térmico de los bioplásticos es de gran interés porque es un elemento de juicio para determinar sus aplicaciones en la industria. En este estudio, se identificaron las transiciones de fase en muestras de biocompuestos elaborados con harina de yuca. Se utilizó la técnica de calorimetría diferencial de barrido en atmósfera de nitrógeno en un rango de temperatura desde -50 hasta 225°C. Se presentaron transiciones vítreas (T_g) entre 140 y 150°C, y dos fusiones (T_f), la primera a $-5^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ y la segunda entre 170 y 190°C; estas T_g y T_f se incrementaron durante el almacenamiento del bioplástico, evidenciando la retrogradación del almidón.

Palabras clave: Bioplásticos, calorimetría, transición vítreas.

Abstract. The knowledge of the bioplastics thermal behavior is of great interest because it is an element of judgment in determining its applications in industry. In this study, the phase transitions of biocomposite samples made from cassava flour were identified. The technique of differential scanning calorimetry under nitrogen at a temperature range from -50 to 225°C, was used. Glass transitions (T_g) was presented between 140 and 150°C, and two fusions (T_f), the first one at $-5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and the second one between 170 y 190°C,

were presented, these T_g and T_f increased during storage of bioplastic, showing starch retrogradation.

Key words: Bioplastics, calorimetry, glass transition.

INTRODUCCIÓN

Los materiales biodegradables para diferentes aplicaciones en la industria están siendo desarrollados en muchas partes del mundo (Vieira *et al.*, 2011). En Colombia, existen alternativas para su producción a partir de materias primas de origen agrícola como los polisacáridos provenientes de tubérculos y raíces. La yuca, es una raíz con alta producción en Colombia (MADR, 2013), y cuyos derivados harina y almidón, se utilizan en el campo alimentario y no alimentario. Sin embargo, las aplicaciones de los bioplásticos elaborados a partir de componentes amiláceos están sujetas a su comportamiento y estabilidad frente a las condiciones de almacenamiento, siendo la temperatura un factor clave en este contexto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento térmico T_g y T_f de un material biocompuesto elaborado con harina de yuca durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los biocompuestos fueron obtenidos por termo-compresión a 200°C durante 3 min a partir de una mezcla húmeda de harina de yuca de variedad CM 4574-7, polvillo de fique y glicerol

(Sigma-Aldrich®) en proporción 60:25:15, incorporando aceite vegetal y surfactante. Las propiedades térmicas fueron valoradas con la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) bajo la norma ASTM-D3418, durante 120 días de almacenamiento. Se tomaron muestras de 8 mg del biocompuesto y se depositaron en cápsulas de aluminio selladas herméticamente. Las muestras fueron sometidas a tres ciclos térmicos con velocidad de 20°C/min: el primer ciclo desde -50 hasta 225°C, en el segundo, las muestras se enfriaron hasta -50°C y en el tercero se repitió el calentamiento inicial. Las corridas se realizaron en ambiente de nitrógeno en un equipo DSC (TA Instruments, Q20, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra un termograma típico obtenido del primer ciclo de calentamiento, presentando dos endotermos Tf y un Tg (pequeño salto entre 140 y 150°C).

En general a $-5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ se presentó un pequeño pico endotérmico durante el ciclo de calentamiento, asociado a la fusión del aceite vegetal y del surfactante, indicando que alcanzan a ordenarse molecularmente, presentando nuevamente la fusión característica de su estado puro. Su pequeña amplitud y longitud son debidas a la baja proporción en la formulación. La presencia de un solo Tg en los termogramas indica la compatibilidad entre los componentes de la mezcla para la obtención del material bioplástico.

La Figura 2, muestra la variación de los Tg y Tf del bioplástico durante el almacenamiento. Es evidente el incremento de Tg durante el almacenamiento, variando desde 140 hasta 150°C; estos valores suelen ser altos debido a que las cadenas rígidas de los biopolímeros son muy largas y presentan altas barreras rotacionales, dificultando la flexibilidad de las mismas y consecuentemente aumentando el valor de Tg (Tolstoguzov, 2000). De acuerdo con Acioli y Susan (2008), el volumen libre y la energía interna de un polímero usualmente disminuyen con el envejecimiento; asimismo, las cadenas laterales de la

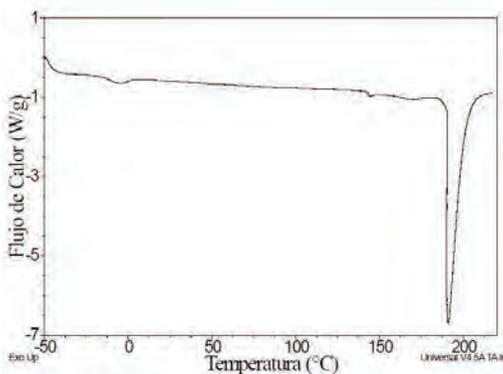


Figura 1. Termograma DSC de bioplástico en día 1 de almacenamiento

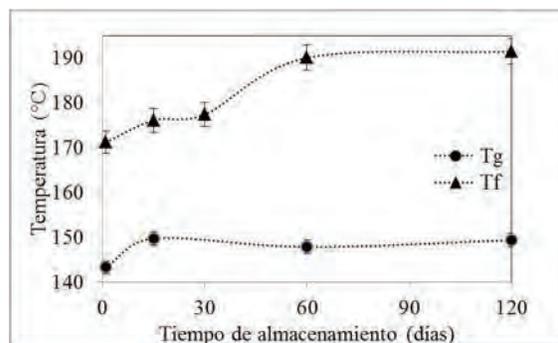


Figura 2. Tg y Tf del bioplástico durante el almacenamiento

amilopectina presentes en los gránulos de almidón, se reorganizan y forman dobles hélices o clusters (Janssen y Moscicki, 2010) resultando en una disminución de la movilidad intermolecular y un incremento en la temperatura de cambio del estado vítreo al gomoso.

Janssen y Moscicki, (2010), afirmaron que el almacenamiento por largos periodos de tiempo del almidón termoplástico induce a procesos de recristalización comúnmente conocidos con el fenómeno de retrogradación; de forma similar ocurrió en películas de almidón de maíz reforzadas con nanoarcillas y plastificadas con sorbitol (Viguié *et al.*, 2007). Adicionalmente, se debe tener en cuenta que las fracciones de amilosa que pueden liberarse en el material después de su procesamiento, también tienen la capacidad de formar cristales, contribuyendo así con la pérdida de la movilidad y el consecuente aumento de la Tg.

Con respecto a las Tf, también se incrementaron variando entre 170 y 195°C, debido principalmente al incremento del tamaño de los cristales causado por la recristalización del almidón; en este sentido, la fibra incorporada a la matriz es un posible agente de nucleación que favorece la interface para la formación de cristales (Viguié *et al.*, 2007). Resultados similares han presentado muestras de almidón termoplástico de maíz procesadas por moldeo en caliente con Tf entre 140 y 189°C (Da Róz *et al.*, 2011), y en películas de almidón termoplástico reforzado con fibra de bagazo con Tf de 160°C (Galicía *et al.*, 2011).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco de un proyecto financiado por la Universidad San Buenaventura, la Universidad del Cauca y la Universidad del Valle.

CONCLUSIONES

Mediante DSC se evidenció el proceso de retrogradación durante el almacenamiento del material bioplástico por el incremento en las Tg y Tf que se relaciona con la presencia de estructuras cristalinas las cuales aumentaron con el transcurso del tiempo. La presencia de una sola Tg en los termogramas es un índice

de la compatibilidad entre los componentes de la mezcla usada para la obtención del material moldeado por compresión.

BIBLIOGRAFÍA

- Acioli, R. and X. Susan. 2008. Thermal degradation and physical aging of poly(lactic acid) and its blends with starch. *Polymer Engineering & Science* 48(4): 829-236.
- ASTM D3418, American Society for Testing and Materials. Standard test method for transition temperatures and enthalpies of fusion and crystallization of polymers by differential scanning calorimetry. West Conshohocken: ASTM International; 2008.
- Da Róz, A., M. Zambon, A. Curvelo and A. Carvalho. 2011. Thermoplastic starch modified during melt processing with organic acids: The effect of molar mass on thermal and mechanical properties. *Industrial Crops and Products* 33(1): 152-157.
- Galicia, T., F. Martínez, O. Jiménez, A. Martínez, R. Ibarra, M. Gaytán and M. Mendoza. 2011. Thermal and microstructural characterization of biodegradable films prepared by extrusion-calendering process. *Carbohydrate Polymers* 83(2): 354-361.
- Janssen, L. and L. Moscicki. 2010. Thermoplastic starch. First edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany. 242p.
- MADR Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2013. Colombia lanza el "Plan nacional de Yuca industrial". En: FAO, <http://www.fao.org/home/es>. 1 p.; consulta: enero 2014.
- Tolstoguzov, V. 2000. The importance of glassy biopolymer components in food. *Nahrung* 44 (2): 76-84.
- Vieira, A., A. Marques, R. Guedes and V. Tita. 2011. Material model proposal for biodegradable materials. *Procedia Engineering* 10: 1597-1602.
- Viguié, M., S. Molina and A. Dufresne. 2007. Processing and characterization of waxy maize starch films plasticized by sorbitol and reinforced with starch nanocrystals. *Macromolecular Bioscience* 7(11): 1206-1216.

Caracterización de los Tubérculos de Cubio (*Tropaeolum tuberosum*) y Extracción del Almidón

Cubio´s Tuber Characterization (*Tropaeolum tuberosum*) and Extraction of Starch

Patricia Castillo¹; Pablo Rodríguez F²

- 1 Facultad de Ciencias Básicas, Administración e Ingeniería. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá. bjcv_25@hotmail.com.
- 2 Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co. pabloerf@gmail.com.

Resumen. En el presente trabajo se realizó la caracterización física (diámetros, longitud y peso) del tubérculo de cubio y la extracción del almidón. El color del almidón determinó con sistema Hunter Lab. Los resultados indican que el rendimiento del almidón en las muestras fue 16,18%, las dimensiones del cubio son: diámetros D1 (1,45±0,39), DE (2,06±0,39) y D3 (0,64±0,22), longitud y peso (10,49±0,21 y 25,16±11,65) respectivamente. El color del almidón L 89,17±0,44; a -4,14±0,012 y b 8,70±0,089, el valor de ΔE y el índice de blancura (I.B) fueron 7,30±0,024 y 85,50±0,031.

Palabras clave: Cubio, dimensiones, humedad, almidón, color.

Abstract: A physic characterization (diameter, length and weight) and starch extraction of Cubi tubers was made. The starch color was determined with Hunter Lab system. The results show that the yield of cubio starch was 16.18% and sizes were: diameter D1(1.45±0.39), DE(2.06±0.39) and D3(0.64±0.22), length and weight (10.49±0.21 and 25.16±11.65), respectively. The color of the starch was

L 89.17±0.44; a -4.14±0.012 y b 8.70±0.089, the value of ΔE and the Whiteness Index (WI) were 7.30±0.024 and 85.50±0.031.

Key words: Cubio, sizes, moisture, starch, color.

INTRODUCCIÓN

Los tubérculos de cubio son un cultivo autóctono de la región andina en Suramérica, poco conocidos. Su cultivo en su mayoría es para autoconsumo debido al desconocimiento de su composición nutricional (humedad 80-86%, carbohidratos 1%, fósforo 42%, calcio 7% y ácido ascórbico 66-77,5 mg/100 g) y química (compuestos fenólicos, flavonoides, leucoantocianidinas, antocianinas y glucosinolatos). Su rendimiento en t/ha sembrada puede doblar al de la papa, por tanto, tiene un potencial de industrialización (Samaniego, 2010; Arbizu y Tapia, 1994). El objetivo de este trabajo fue caracterizar los tubérculos de cubio, y extraer su almidón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se tomó una muestra 23,7 kg cubios (Umbita, Boyacá-Colombia). La muestra se adecuó, luego se sumergió en solución de ácido cítrico 1%. Se realizó la medición de diámetro, longitud y peso de una muestra de 60 tubérculos. La humedad se hizo por método oficial AOAC 934.06. (1996). La extracción del almidón de (Pérez *et al.*, 2011). El color se midió con el colorímetro de Minolta CR300. Con las coordenadas L*a*b* se calculó el índice de blancura (IB), que representa la blancura total de la muestra versus la blancura del control (almidón comercial de yuca).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que los tubérculos son de tamaño pequeño, con un diámetro ecuatorial (DE) ≤ 25 mm y que tienen distribución de peso y tamaño variado.

Tabla 1. Dimensiones, peso, color, humedad del cubio y contenido de almidón.

Determinación		Valor	
Dimensiones de los tubérculos	D1 (cm)	1,45+0,39	
	DE (cm)	2,06+0,39	
	D3 (cm)	0,64+0,22	
	L (cm)	10,49+0,21	
	Peso (g)	25,16+11,65	
Color de los almidones	AC	AY	
	L	89,17+0,044a	96,23+0,035b
	a	-4,14+0,012a	-4,60+0,035b
	b	8,70+0,089a	6,87+0,014b
	ΔE	7,30+0,024a	0,04+0,00b
I.B de los almidones	85,50+0,03a	90,91+0,008b	

D: Diámetro, DE: Diámetro ecuatorial, D3: Diámetro parte inferior, L: Longitud, AC: Almidón de cubio y AY: Almidón de yuca. Los valores en la fila seguidos la misma letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$).

El contenido de humedad fue alto, por tanto, se dice que este almidón tiene un rendimiento bajo (2,20%) y menor al reportado para la *Oxalis tuberosa* y el *Ullucus tuberosus* (12,85% y 5,05%) según literatura (Surco, 2004). El color del almidón fue diferente al hallado para almidón de yuca empleado como control, donde la luminosidad L se acercó al blanco, el matiz "a" se inclinó a verde y la intensidad de color "b" con tendencia amarilla. El valor de $\Delta E > 1$, señala que las diferencias en el color de los almidones son apreciables a la vista del ojo humano, el I.B indicó que el almidón extraído no tiene un blanco ideal, aunque no está lejano al del control.

CONCLUSIONES

Los tubérculos de cubio provenientes del municipio de Umbitá, mostraron una morfología cónica alargada, de color blanco con abundantes ojos o yemas violetas y tamaño pequeño clasificación por diámetro ecuatorial (Samaniego, 2010). Es posible obtener almidón de cubio a nivel industrial con mejores resultados de color e I.B adecuado, aunque su rendimiento puede ser bajo, el cual se propone mejorar con manipulación genética de las variedades que se dan en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1996. Official Methods of analysis of AOAC International. Method 934.06.
- Arbizu, C. y M. Tapia. 1994. Los Tubérculos Andinos. En Hernando, JE y León, J. (eds.). Cultivos desatendidos 1492 desde una perspectiva diferente. Roma, Italia, La FAO. Producción y Protección Vegetal 26: 149-163.
- Pérez, E., O. Gibert, A. Rolland-Sabaté and X. Segovia. 2011. Evaluation of the Functional Properties of Promising *Dioscorea trifida* L. Waxy Starches for Food Innovation. International Journal of Carbohydrate Chemistry.
- Samaniego, L. 2010. Caracterización de la Mashua (*Tropaeolum Tuberosum* C.) en el Ecuador. Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador. Pg. 29-38.
- Surco, F. 2004. Caracterización de Almidones Aislados de Tubérculos Andinos: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), Oca (*Oxalis tuberosa*), Olluco (*Ullucus tuberosus*) para su Aplicación Tecnológica. Tesis Magíster. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Efecto de la Cocción Sobre la Digestibilidad y el Almidón Resistente en Productos Vegetales Amiláceos

Effects of Cooking on Digestibility and on Resistant Starch in Starchy Vegetable Products

Patricia Millán Cruz¹; Alejandro Fernández Quintero¹; Dominique Dufour²

¹ Escuela de Ingeniería de Alimentos Universidad del Valle, Cali, Colombia.

² Centre de Recherche Agronomique pour le Développement, CIRAD, Montpellier, France

Resumen. Se evaluó el efecto de la temperatura del agua de cocción sobre la digestibilidad *in vitro* y el almidón resistente en las harinas obtenidas de papa amarilla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja), yuca HMC1 (*Manihot esculenta* Crantz), y plátanos Dominico Hartón y guineo (*Musa spp.*). La harina de yuca cocida a una temperatura de 96°C, presentó el valor más alto de digestibilidad del almidón (78,7%), mientras que las harinas de guineo, plátano dominico hartón y papa amarilla presentaron valores inferiores 73,2%, 55,1% y 53,7% respectivamente. Las harinas de Papa Amarilla y plátano Dominico Hartón tuvieron un alto contenido de almidón resistente 26,3 % y 29,8 % respectivamente, el Guineo y la Yuca tuvieron los valores más bajos 9,1 % y 8,3 % respectivamente. Se concluye que la digestibilidad del almidón en las harinas estudiadas se mejoró por el aumento de la temperatura.

Palabras clave: Plátano dominico hartón, guineo, papa amarilla, yuca HMC1.

Abstract. The effects of the temperature of the cooking water on the *in vitro* digestibility and on the resistant starch in flours obtained from the Yellow Potato (*Solanum tuberosum* Group Phureja), Cassava (*Manihot esculenta* Crantz, HMC1), Dominico Harton and Guineo (*Musa spp.*) were evaluated. The flour from the cassava cooked at a temperature of 96°C presented the highest digestibility of starch (78.7%) while the flours from the Guineo, Yellow Potato, and Dominico Harton presented lower values 73.2%, 55.1% y 53.7% respectively. The flours of Yellow Potato and Dominico Harton had a high content of resistant starch, 26.3 % y 29.8 %, respectively; the Guineo and Cassava had the lowest values, 9.1% y 8.3%, respectively. It is concluded that the digestibility of starch in the flours studied is improved by higher temperature.

Key words: Dominican Harton Plantain, guineo, yellow potato, cassava HMC1.

INTRODUCCIÓN:

El almidón resistente (RS) se define como la fracción de almidón, que escapa a la digestión en el intestino delgado y puede ser fermentado en el colon (Haralampu, 2000). Se clasifica en cuatro tipos: almidón físicamente inaccesible (RS1),

almidón granular nativo (RS2), almidón retrogradado (RS3), y almidón modificado químicamente (RS4). El RS1 y RS2 son de digestión lenta pero se digieren casi completamente con un adecuado pre procesamiento de alimentos, pero RS3 resiste totalmente la digestión (Vasanthan y Bhatta, 1998). RS3 tiene alta estabilidad térmica que permite que sea estable en las operaciones normales de cocción y permite su uso como un ingrediente en una amplia variedad de alimentos (Haralampu, 2000). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cocción en agua sobre la digestibilidad y el almidón resistente de las harinas obtenidas después de la cocción de productos vegetales amiláceos de alto consumo en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como materia prima se utilizó papa amarilla variedad Colombia proveniente del corregimiento Barragán (Tuluá-Valle del Cauca), yuca HMC1 proveniente del municipio de Jamundí (Valle del Cauca) y plátanos dominico hartón y guineo comprados en la distribuidora de plátano y banano del Quindío, ubicada en la ciudad de Cali. Los productos fueron pelados manualmente y se cortaron en piezas cúbicas de 2 cm³ de la parte central. En la yuca se eliminó la vena. Después de cocción las muestras se secaron a 40°C durante 18 horas, se molieron y se tamizaron en un tamiz de 0,250 mm y se almacenaron a temperatura ambiente hasta posterior análisis. Se tomaron como unidades experimentales, harinas obtenidas de los cubos procesados a temperatura de ebullición en el tiempo donde hubo gelatinización completa del almidón en cada producto, observada por análisis térmico mediante la técnica de calorimetría diferencial de barrido. Los análisis se realizaron por triplicado, empleando los siguientes métodos: Almidón total: se determinó siguiendo la metodología enzimática (Goñi *et al.* 1997); Almidón disponible: se utilizó la metodología multienzimática descrita por Holm *et al.* (1986); Almidón resistente: El almidón resistente fue obtenido por método enzimático (Goni *et al.* 1996).

Análisis estadístico: Los resultados se expresaron en sus valores promedio y por medio de desviaciones estándar de

tres determinaciones separadas. La comparación de los valores promedios se realizó mediante el análisis unidireccional de la varianza (ANOVA), seguido de pruebas de comparación múltiple de Tukey utilizando el sistema informático de Minitab en Windows, versión 14.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La velocidad de hidrólisis de los almidones de las diferentes harinas tuvo un comportamiento similar y la velocidad de hidrólisis de los carbohidratos presentes en las harinas obtenidas de dominico hartón y papa criolla cocidas a temperatura de ebullición, son más bajas comparadas con las harinas obtenidas de guineo y yuca HMC1 (Figura 1). El porcentaje de hidrólisis de las harinas crudas presenta un aumento gradual con el tiempo de hidrólisis enzimática (Figura 1), hasta llegar a un valor de 24,08% (Yuca), 26,5% (Dominico Hartón), 30,18% (Papa Amarilla) y 35,1% (Guineo) en una hora. En los productos cocidos a 96°C, y una hora de incubación, el porcentaje de hidrólisis enzimática in vitro del almidón de la harina de

plátano dominico hartón fue 53,7%, menor que papa criolla (55.1%), guineo (68,3%) y yuca (78,7%). Estos resultados ubican a las harinas de plátano dominico hartón y papa criolla como alimentos de digestión lenta, al relacionarlos con la clasificación publicada por Englyst y Cummings (1996). El contenido de almidón resistente (AR) (Fig. 1) de la harina de plátano Dominico Hartón (29,8%) fue ligeramente superior a la Papa Amarilla (26,3%) y más alto que Guineo (9,1%) y Yuca (8,3%). Los resultados fueron menores en plátano Dominico Hartón y más altos en Yuca HMC1 en comparación a los valores encontrados en almidones aislados de otras variedades de plátano (50-55%) y yuca (0%) por Jiménez *et. al.* 2011.

En relación a la comparación de los valores promedios se encontró que existen diferencias significativas en la digestibilidad y el almidón resistente entre los diferentes productos con una probabilidad de 0,013 ($p \leq 0,05$), relacionado con la diferencia en la fuente botánica de los productos vegetales.

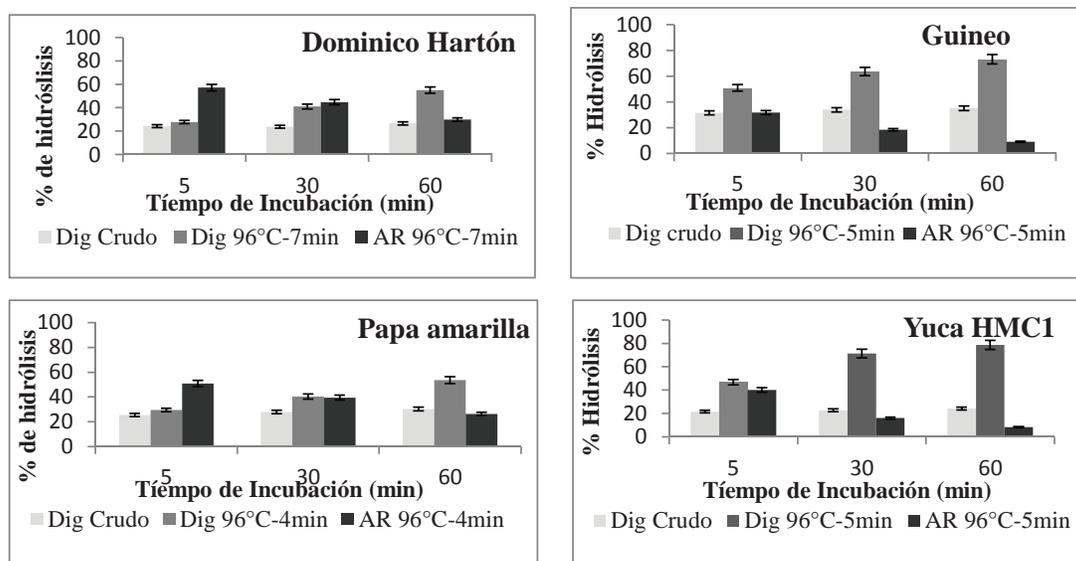


Figura 1. Hidrólisis de las harinas crudas y cocidas a temperatura de ebullición.

Dig: digestibilidad y AR: almidón resistente. Los tiempos de cocción (96°C) en cada producto, corresponden a los tiempos donde hubo gelatinización completa del almidón.

CONCLUSIONES

El plátano Dominico Hartón tuvo la menor digestibilidad del almidón y mayor concentración de almidón resistente, seguido de la Papa Amarilla. Se podría recomendar utilizar harinas pre cocidas de Papa Amarilla y Plátano Dominico Hartón para regímenes especiales de nutrición por su contribución en almidón resistente y lenta digestión del almidón. Esto permitiría diversificar el uso potencial de estos productos en la industria de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Englyst, H.N., J. Veenstra and G.J. Hudson. 1996. Measurement of rapid available glucose (RAG) in plant foods: A potential in vitro predictor of the glycemic response. *British Journal of Nutrition* 75 (3): 327–337.
- Goni I., L. García-Díaz, E. Manas and F. Saura-Calixto. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* 56 (4), 445–449.

Goñi, I., L. García-Díaz and F. Saura-Calixto. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr. Res.* 17(3):427-437.

Haralampu, S.G. 2000. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41(3), 285–292.

Holm J., I. Björck, S. Otrowska., A-C Eliasson, N-G Asp, K. Larsson and I. Lundquist. 1983 Digestibility of amylose-

lipid complexes in-vitro and in-vivo. *Starch/Stärke* 35(9): 294-297.

Jiménez, R., N. González, A. Magaña, A.I. Corona. 2011. Contenido de almidón resistente en alimentos consumidos en el sureste de México. *Unacar Tecnociencia*, 5 (2) 27-34.

Vasanthan, T. and R.S. Bhatt. 1998. Enhancement of resistant starch (RS3) in amylo maize, barley, field pea and lentil starches. *Starch*, 50 (7), 286–291.

Efecto de un Plastificante y Emulsificante en las Propiedades Mecánicas y de Barrera de Películas Comestibles de Goma de Tara

Effects of Plasticizer and Emulsifier on Mechanical and Moisture Barrier Properties of Edible Tara Gum Films

Darío Pavón Vargas; Silvia Valencia Chamorro¹

¹ Profesor Titular. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología. P. O. BOX 17 – 01 2759, Quito, Ecuador. <silvia.valencia@epn.edu.ec>

Resumen. Se estudió el efecto de la adición de un plastificante (glicerol) y de un emulsificante (ácido esteárico) en las propiedades mecánicas y de barrera de películas comestibles compuestas de goma de tara (GT), goma laca y cera de abeja. Se utilizó un diseño experimental de mezcla con restricciones para la GT, glicerol (GLY) y ácido esteárico (AE) ($q=3$). Las películas se caracterizaron en sus propiedades mecánicas y de permeabilidad al vapor de agua (PVA). Los datos de los diseños experimentales de cada propiedad se ajustaron a un modelo lineal. Existió una relación significativa entre las propiedades mecánicas y la PVA con la composición de la película. La adición de GLY modificó las propiedades mecánicas y de barrera de la película. El porcentaje de elongación (%E) fue mayor para la formulación con mayor contenido de GLY (20%). Las películas con mayor cantidad de GT fueron rígidas, según su valor de módulo de Young (YM) (44 MPa).

Palabras clave: Glicerol, ácido esteárico, PVA, porcentaje de elongación.

Abstract. The effect of a plasticizer (glycerol) and emulsifier (stearic acid) on both mechanical and moisture barrier properties of edible composite films, based on tara gum (GT), shellac and beeswax, were studied. Films were formed by casting. A mixture experimental design was applied, with restrictions for GT, glycerol (GLY) and stearic acid (AE) ($q = 3$). Water vapor permeability (PVA) and mechanical properties of the films were determined. Data from experimental designs correspondent to each property was fitted to a linear model. There was a significant relationship between the mechanical properties and the PVA with the composition of the film. Mechanical and moisture barrier properties of the films were affected by the addition of GLY. Elongation (% E) was higher

for the formulation with higher content of GLY (20%). The most rigid films (with a value of YM of 44 MPa), were those with more GT (40%).

Key words: Glycerol, stearic acid, WVP, elongation.

INTRODUCCIÓN

La goma de tara es un polisacárido (galactomanano) que tiene diversas aplicaciones en la industria como estabilizante y espesante. Esta goma tiene gran potencial de aplicación como película, ya que para su formación solo se necesita agua (Cerqueira *et al.*, 2011). Los polisacáridos proveen soporte estructural, pero no son efectivos como barrera al vapor de agua. Los lípidos y resinas son buenas barreras al agua, pero necesitan de una base para estabilizarse. Es posible combinar las ventajas de cada ingrediente y así crear una película compuesta (Dhall, 2013). Las soluciones formadoras producen películas relativamente frágiles. Por lo tanto, la adición de plastificantes es necesaria para mejorar su flexibilidad (Leerahawong *et al.*, 2011). Las propiedades finales de las películas dependerán de su composición y son muy variables. Buenas propiedades de barrera y protección mecánica son parámetros clave para mantener la calidad de los alimentos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto un plastificante y emulsificante en las propiedades mecánicas y de barrera de películas comestibles a base de tara.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó goma de tara purificada (Obsidián Cia. Ltda., Quito, Ecuador), cera de abeja y goma laca de Fomesa Fruitech,

S.L. (Valencia, España). Glicerol (Merck KGaA, Darmstadt, Alemania) como plastificante y ácido esteárico (Panreac S.A, Barcelona, España) como emulsificante. Se desarrolló un diseño experimental de mezcla con restricciones (Gutiérrez *et al.*, 2004). El porcentaje y composición de lípidos se mantuvo constante, se modificó el contenido de goma tara (GT), glicerol (GLY) y ácido esteárico (AE). Las emulsiones fueron preparadas por suspensión en agua de la GT (1% p/p), la cera de abeja (BW), la goma laca (GL), el GLY y el AE para formar 2% de sólidos. Estos ingredientes se calentaron a 85 °C y se homogeneizaron con un Ultra-Turrax® (modelo T25, IKA, Steufen, Alemania) (Valencia-Chamorro, 2009). Las formulaciones fueron preparadas de forma aleatoria por triplicado. Las películas se formaron en placa, se secaron y almacenaron a 20 °C y 52% de humedad relativa. La determinación de la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se realizó mediante el método gravimétrico según la norma ASTM E96-92. Para determinar la separación de la fase lipídica, la PVA se midió en función de la orientación de la película (posición up y down). Las determinaciones de las propiedades mecánicas: módulo de Young (YM), porcentaje de elongación (%E) y la fuerza de tensión (TS) se realizaron según el método estandarizado ASTM D882-97 mediante un equipo de ensayos universales Lloyd (Fareham, Reino Unido). El análisis de los datos se realizó en el programa STATGRAPHICS Centurion, versión XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La región experimental del modelo de mezcla con restricciones se muestra en la Figura 1. La GT se usó del 0 al 40% en base seca (bs), el GLY del 0 al 20% y el AE del 0 al 6%. Se trabajó con 9 puntos experimentales (R). La fase lipídica se mantuvo constante en todos los puntos (60% bs) y correspondió a una mezcla 1:1 de GL con BW.

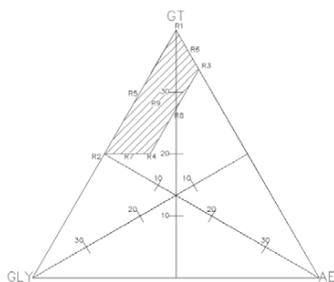


Figura 1. Representación geométrica de la región experimental ($q=3$) del diseño de mezcla con restricciones.

Efecto del contenido de plastificante y emulsificante en la PVA. La PVA de las películas fue analizada para las posiciones up y down en cada uno de los 9 puntos del modelo experimental. Las películas de este estudio presentaron valores

de PVA entre 0,54 y 3,63 g·mm/kPa·h·m². La adición de glicerol (GLY) afectó significativamente ($p<0,05$) a la PVA, que fue más alta para los puntos con una mayor cantidad de este plastificante. Cerqueira *et al.* (2011) estudiaron la PVA de películas a base de galactomananos (1,5% p/p) con GLY (1-2% v/v) encontrando valores entre 0,18 y 0,30 g·mm/kPa·h·m², siendo el más alto para la que presentaba mayor contenido de GLY. En general son valores bajos en comparación con la permeabilidad de películas de BW (0,002 g·mm/kPa·h·m²), GL (0,016 y 0,023 g·mm/kPa·h·m²) o polietileno de alta densidad (0,0036 g·mm/kPa·h·m²) (Han and Gennadios, 2005). La orientación de las películas compuestas en la prueba de permeabilidad tiene un efecto significativo en el valor de PVA (Yang and Paulson, 2000). En este estudio, las películas no presentaron diferencia significativa debido a la orientación. Se determinó una relación estadísticamente significativa entre la PVA y los componentes. Los valores en el diseño experimental se ajustan a un modelo lineal. Este modelo se ajusta a la siguiente ecuación: $PVA = 0,76 \cdot GT + 2,98 \cdot GLY - 0,48 \cdot AE$. En esta ecuación se puede observar que el componente que tiene mayor influencia es el GYL, el AE disminuye el valor de PVA final.

Efecto del contenido de plastificante y emulsificante en las propiedades mecánicas.

Las películas de la formulaciones R4 y R8, (6% b.s. de AE) presentaron floculación y agregado debido a la concentración de AE. Las determinaciones de estas películas no se realizaron. Las propiedades mecánicas presentaron una relación estadísticamente significativa con la composición ($p<0,05$). El valor de TS fue mayor para las películas con mayor porcentaje de GT y menor GLY. El AE influyó en la rigidez y estabilidad de las películas en el secado. El %E de la R2 (20% GLY) difiere significativamente de las otras muestras con un valor de 24,19%. La adición de AE no mostró influencia en las propiedades. En bibliografía, se encuentran películas comestibles de goma gellan con valores de TS inferiores a 30 MPa (Yang and Paulson, 2000) y películas de gluten con valores entre 6 y 10 MPa, con porcentajes de elongación del 200%. Las películas que presentaron menor cantidad de tara en la composición tuvieron TS más bajas. El módulo de Young alto de la película R1 y R6 indica que la película es rígida, resistente al alargamiento. La película R2 (20% GLY) fue la que presentó menor YM y mayor porcentaje de elongación.

CONCLUSIONES

La adición de GLY y AE en películas comestibles a base de goma tara influyó significativamente en sus propiedades de barrera al vapor de agua y propiedades mecánicas. El GLY incrementó el

porcentaje de elongación de la película, a su vez redujo la fuerza de tensión en el punto de ruptura y las propiedades de barrera al vapor de agua. En futuras investigaciones las formulaciones estudiadas en la preparación de éstas películas podrían ser utilizadas como recubrimientos comestibles aplicados a frutas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cerqueira, M., A. Bourbon, A. Pinheiro, J. Martins, B. Souza, J. Teixeira, J y Vicente, A., 2011. Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. *Trends in Food Science & Technology* 22(12): 662–671.
- Dhall, R. 2013. Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(5): 435–450.
- Gutiérrez, H., R. Vara, P. Gutiérrez, C. Téllez y M. Temblador. 2004. Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición.

- Mc Graw Hill, México D.F. 562 p.
- Han, J. y Gennadios, A. 2005. Edible films and coatings: review. pp. 239–262. En: Han, J. (ed.). *Innovations in Food Packaging*. Elsevier Academic, Oxford.
- Leerahawong, A., M. Tanaka, E. Okazaki y K. Osako. 2011. Effects of plasticizer type and concentration on the physicochemical properties of edible film from squid (*Todarodes pacificus*) mantle muscle. *Fisheries Science* 77(6): 1061–1068.
- Valencia Ch. y S. Azucena. 2009. Desarrollo de recubrimientos comestibles con actividad antifúngica en frutos cítricos. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 69–80 p.
- Yang, L. and Paulson, A. 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan films. *Food Research International* 33(7): 571–578.

Properties of Pea Starch-chitosan Films as Affected by Cinnamon Leaf Essential Oil and Oleic Acid

Efecto del Aceite de Canela y Ácido Oleico en Películas de Almidón y Quitosano

Ángela Perdonés¹, Maria Vargas¹, Lorena Atarés¹, Amparo Chiralt^{1*}

1 Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia. *e-mail: dchiralt@tal.upv.es

Abstract. Pea starch-chitosan edible films (PS:CH, mass ratio 4:1) were obtained by casting. The effect of incorporation of cinnamon leaf essential oil (C) and oleic acid (OA) on mechanical, barrier and optical properties of the films was analysed. The PS-CH:C:OA mass ratios were 1:0:0, 1:0.125:0, 1:0.125:0.125 and 1:0.25:0. Films were preconditioned at 25°C and 53% relative humidity before measurements. The addition of a lipid phase in PS-CH films enhanced their water barrier properties. The incorporation of C in a ratio 1:0.125 improved the mechanical properties of the PS-CH films. The impact in colour parameters was diminished by the addition of oleic acid.

Key words: biodegradable, coating, polymer, lipid, encapsulation, packaging.

Resumen. En el presente trabajo se obtuvieron películas de almidón de guisante-quitosano (PS:CH, 4:1 p/p) mediante casting. Se analizó el efecto de la incorporación de aceite esencial de hoja de canela (C) y de ácido oleico (OA) en las propiedades mecánicas, barrera y ópticas de las películas. Las proporciones PS-CH:C:OA fueron 1:0:0, 1:0.125:0, 1:0.125:0.125 y 1:0.25:0. Las películas se preacondicionaron a 25°C y 53% de humedad relativa. La adición de una fase

lipídica dio lugar a una mejora en las propiedades barrera al vapor de agua. La incorporación de C en una relación 1:0.125 mejoró las propiedades mecánicas de las películas. El efecto sobre el color ocasionado por el aceite esencial se vio disminuido por la adición de ácido oleico.

Palabras clave: biodegradable, recubrimiento, polímero, lípido, encapsulación, envasado.

INTRODUCTION

Starch is one of the most abundant, natural biopolymers; therefore films based on this renewable, low-cost source are being more and more used in food packaging. However, starch-based films present poor mechanical properties, which make it necessary the addition of plasticizers (Jiménez *et al.*, 2012), such as glycerol. Chitosan is a biodegradable cationic hydrocolloid with antimicrobial activity and film-forming ability (Dutta *et al.*, 2009). Nevertheless, its application is currently limited by its relatively high price and the fact that it is highly permeable to water vapour. (Bonilla *et al.*, 2013) evaluated the influence of the chitosan addition in wheat starch films, and obtained good antimicrobial properties and enhanced

mechanical properties by using a starch:chitosan ratio of 4:1. The addition of essential oils, such as cinnamon leaf essential oils, as natural preservatives appears to be a strategy to enhance film functionality, since they have been widely proved to show antioxidant and antimicrobial activity (Sánchez-González *et al.*, 2011, Perdonés *et al.*, 2014). Nonetheless, during film drying, there are some volatile losses that could be avoided by encapsulating the essential oil with lipids, such as oleic acid.

The aim of this work was to evaluate the effect of the addition of cinnamon leaf essential oil and oleic acid on the properties of pea starch-chitosan films.

MATERIALS AND METHODS

High molecular weight chitosan, CH (1% w/w, Sigma-Aldrich Química, Spain) was dispersed in an aqueous solution of glacial acetic acid (1% v/w). Pea starch, PS (Roquette Laisa S.A., Spain) was dispersed at 2% (w/w) and gelatinized (30 min, 95°C). CH and PS dispersions were mixed to reach a PS:CH ratio of 4:1. Afterwards, glycerol (0.33% w/w) and Tween 85 (0.17% w/w) were added. Cinnamon leaf essential oil, C (Herbes del Moli, Spain) or oleic acid or both compounds were added at different concentrations to obtain ratios PS-CH:C:OA of 1:0:0 (F1), 1:0.125:0 (F2), 1:0.125:0.125 (F3) and 1:0.25:0 (F4). FFDs were prepared by means of a rotor-stator homogenizer (Ultraturax DI25 Yellow Line, IKA®, Germany) at 13,500 rpm for 4 minutes. After homogenization, the formulations were degassed with a vacuum pump, poured onto framed and levelled Teflon® plates and dried at room temperature for 48 hours. Films were prepared by pouring a constant polymer surface density in the dry films (40.5 g/m²). Films were preconditioned at 25°C and 53% relative humidity (RH) during one week prior to performing all the tests. Film thickness was measured using a Palmer digital micrometer (Comecta, Spain) at 5 different points of the same sample.

The water vapour permeability (WVP), mechanical properties, gloss, transparency and colour of the films were determined as described by Perdonés *et al.* (2014). WVP was measured gravimetrically at 25°C and 53-100% relative humidity (RH) gradient and six replicates per formulation were made. The mechanical properties were measured by using a Texture Analyser TA-XT plus (Stable Micro Systems, UK), with a 50 N load cell equipped with tensile grips. The gloss of the films was measured with a glossmeter (Multi Gloss 268, Minolta, Germany) using a black matte background and at an incidence angle of 60°. Nine replicates were made per each formulation. Results were expressed as gloss units, relative to a highly polished surface of black glass standard with a value near to

100. The transparency and CIE-L*a*b* coordinates of the films were determined in nine samples per formulation through the surface reflectance spectra with a spectrophotometer CM-3600d (Minolta Co, Japan).

The statistical analysis of the data was performed through an analysis of variance (ANOVA) with 95% significance level using Statgraphics® Centurion XVI.I. Multiple comparisons were performed through 95% least significant difference intervals (LSD).

RESULTS AND DISCUSSION

The average thickness of the films together with WVP and mechanical parameters are shown in Table 1. The thickness of the films was not significantly affected by their composition. The incorporation of the lipid phase entailed a significant improvement in the water barrier properties of the films, although no significant effect of the lipid phase composition or amount was observed. The lipid phase addition led to some increase in the tensile strength at break, as compared to lipid-free films. Films with the ratios 1:0.125:0 showed the highest elasticity modulus, and were the most stretchable.

Table 1. Thickness, water vapour permeability (WVP) and elastic modulus (EM), elongation (E) and tensile strength (TS) at break of the films conditioned at 25°C – 53% RH. Mean values and (standard deviation).

Film	Thickness (mm)	WVP ($\times 10^{11}$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$)	EM (MPa)	TS (MPa)	E (%)
F1	54 (14) ^a	162 (14) ^b	616 (66) ^b	17 (2) ^a	14 (5) ^a
F2	51 (7) ^a	122 (13) ^a	642 (76) ^b	21 (3) ^{bc}	24 (8) ^b
F3	55 (5) ^a	123 (12) ^a	432 (115) ^a	23 (4) ^c	12 (5) ^a
F4	54 (5) ^a	125 (7) ^a	581 (66) ^b	20 (3) ^{ab}	15 (6) ^a

^{abc} Different superscripts in the same column indicate 95% significant differences among films

Polymer:C:OA ratios: F1: 1:0:0, F2: 1:0.125:0, F3: 1:0.125:0.125, F4: 1:0.25:0.
Polymer: PS4:CH1. PS: Pea starch, CH: chitosan, C: cinnamon leaf essential oil, OA: oleic acid.

The optical properties of the films are shown in Table 2. The shape of the spectra was highly influenced by film composition. The spectra of the films containing lipids showed a maximum at about 480 nm, which was attributable to the eugenol that is the major compound of cinnamon leaf essential oil.

The addition of C promoted a significant decrease in the lightness, whiteness index and hue values, as well as a significant increase in colour saturation. The higher the essential

oil content the more intense the effect on colour coordinates. The addition of OA seems to diminish the effects of cinnamon essential oil addition on chroma and hue values of the films. The films with a lipid phase had higher gloss, which can be explained by the presence of the oil phase on the film surface.

Table 2. Internal transmittance (Ti) at 450 nm, lightness (L*), chroma (C*ab) and hue (h*ab), whiteness index (WI), total colour difference (ΔE) as regards PS-CH films (F1) and gloss at 60°. Mean values and (standard deviations).

Film	F1	F2	F3	F4
Ti	0.8317 (0.0105) ^d	0.814 (0.012) ^c	0.778 (0.017) ^a	0.797 (0.008) ^b
L*	86.2 (0.4) ^d	82.1 (0.7) ^c	74.8 (0.5) ^a	79.5 (0.7) ^b
C*	14.1 (0.5) ^a	26 (1) ^c	19.5 (0.3) ^b	28 (1) ^d
h*	94 (1) ^c	79.6 (0.6) ^a	83.8 (0.8) ^b	78.7 (0.8) ^a
WI	80.22 (0.15) ^d	71.2 (0.6) ^c	68.1 (0.6) ^b	65.8 (0.7) ^a
ΔE	-	10.3 (0.7) ^a	14 (1) ^b	16 (1) ^c
Gloss	11 (1) ^a	22 (2) ^b	18 (2) ^c	15 (2) ^d

^{abcd} Different superscripts in the same row indicate 95% significant differences among films.

Polymer:C:OA ratios: F1: 1:0:0, F2: 1:0.125:0, F3: 1:0.125:0.125, F4: 1:0.25:0.
Polymer: PS₄:CH₁, PS: Pea starch, CH: chitosan, C: cinnamon leaf essential oil, OA: oleic acid.

CONCLUSIONS

The addition of cinnamon leaf essential oil improved the physical properties of pea starch-chitosan films. This essential

oil promoted a significant reduction in water vapour permeability and enhanced mechanical properties of the films, although it has a significant impact in the colour of the films, which can be reduced by oleic acid incorporation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support provided by Universitat Politècnica de València (UPPTE/2012/183) and Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2010-20694). Author A. Perdonés acknowledges Universitat Politècnica de València for a FPI grant.

BIBLIOGRAPHY

- Bonilla, J., E. Talón, L. Atarés, M. Vargas, A. Chiralt. 2013. Effect of the incorporation of antioxidants on physicochemical and antioxidant properties of wheat starch-chitosan films. *Journal of Food Engineering*, 118: 271-278.
- Dutta, P.K, S. Tripathi, G.K. Mehrotra and J. Dutta. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114: 1173-1182.
- Jiménez, A, M.J Fabra, P. Talens and A. Chiralt. 2012. Edible and biodegradable starch films: A review. *Food Bioprocess Technology*. 5: 2058-2076.
- Perdonés, A, M. Vargas, L. Atarés and A. Chiralt. 2014. Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan cinnamon leaf oil films as affected by oleic acid. *Food Hydrocolloids*. 36: 256-264.
- Sánchez-González, L., M. Vargas, C. González-Martínez, A. Chiralt and M. Cháfer. 2011. Use of essential oils in bioactive edible coatings. *Food Engineering. Reviews*, 3: 1-16.

Extracción y Caracterización de Almidón de Arracacha Blanca (*Arracacia xanthorrhiza bancroft*)

Extraction and Characterization of Starch White *Arracacha (Arracacia xanthorrhiza bancroft)*

Elkyn Bohórquez^{1*}; Pablo Rodríguez¹

^{1*} Ingeniero de alimentos, Facultad de Ciencias Básicas, Administración e Ingeniería. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá. ebohorqueza@uincca.edu.co

¹ Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co. pabloerf@gmail.com.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue la extracción y caracterización de almidón nativo de arracacha blanca para dos materiales de diferente origen, se caracterizó en su composición química y propiedades físicas; se determinó rendimiento, pH, acidez, humedad, cenizas, color; los resultados indican que el almidón extraído tuvo rendimiento de 24,49% para el material proveniente de municipio de Paipa (AMP) y 25,89 % para el municipio de Boyacá (AMB), que lo hacen de gran interés comercial.

Palabras clave: Almidón, arracacha, color.

Abstract. The aim of this work was the extraction and characterization of white arracacha starch for two materials of different origin. Chemical composition and physical properties were characterized. Output, pH, acidity, moisture, ashes, and color were established. The results show that extracted starch had an output of 24.49% for the material from Paipa municipality (AMP) and 25.89% from Boyacá municipality (AMB), resulting in commercial interest.

Key words: Starch, arracacha, color.

INTRODUCCIÓN

La arracacha es una raíz tuberosa que ocupa el segundo lugar en la dieta de cerca de 80 a 100 millones de personas en América del Sur, se produce principalmente en Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela (Hermann, 1997). Se comercializa en estado fresco, pero muestra gran potencial como fuente Alternativa de almidón comercial; está compuesta de agua en un 70-78% y carbohidratos 20-30 % (Palacios *et al.*, 2011) representados en almidón. Es el segundo polisacárido más abundante después de la celulosa, entre los principales usos del almidón se destacan la elaboración de jarabes con alto contenido de glucosa y fructosa, Adicionalmente se utiliza en la elaboración de biopolímeros (Guizar, 2010). El objetivo del presente estudio fue caracterizar fisicoquímicamente el almidón extraído de las raíces de arracacha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se seleccionaron 8 kilogramos de raíces de Arracachas Blancas de acuerdo a la NTC 1251, provenientes de los municipios de Paipa (corregimiento Palermo) y Boyacá (Vereda Rupaguata), Departamento de Boyacá de Colombia. El almidón se extrajo de la parte comestible de las raíces, según la metodología descrita por Pérez *et al.* (2011) Se realizaron determinaciones de humedad, cenizas, pH, acidez titulable según la metodología de la AACC (1988) y el color según la metodología descrita en el Hunter Lab (2001). Los valores de las coordenadas obtenidas se convirtieron a la escala CIE $L^*a^*b^*$. Los resultados de los análisis físicos y químicos fueron analizados con una prueba t-Student a un 95% de confianza. Los datos se analizaron usando el paquete MS-Excel®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad y rendimientos de almidón fueron diferente en las dos muestras (Tabla 1). Los valores de pH y acidez para AMP y AMB, están dentro de los rangos reportados en la literatura (Pérez *et al.*, 1999). El color es el primer atributo de calidad en almidones indicando una marcada tendencia hacia la coordenada (L^*) mostrando la diferencia en claridad o luminosidad para AMP y AMB con tendencia al color blanco, el máximo valor para L^* es 100, lo que representa un perfecto reflejo de difusión; el mínimo para L^* es cero, y representa el color negro. En todas las características analizadas a excepción de cenizas, existió diferencias significativas entre el origen de un almidón con respecto al otro.

Tabla 1. Rendimiento en base seca y propiedades fisicoquímicas del almidón de arracacha.

CARACTERÍSTICA	AMP	AMB
Rendimiento	24,49a	25,86 b
Humedad	8,82 ± 0,14a	7,2 ± 0,16b
Cenizas	0,38 ± 0,01a	0,43 ± 0,01a
pH	4,84 ± 0,02a	5,22 ± 0,05b
Acidez titulable	0,047 ± 0,00a	0,01 ± 0,00b
Color		
L^*	95,05 ± 0,03a	92,92 ± 0,02b
a^*	-0,16 ± 0,025a	-0,21 ± 0,03b
b^*	3,92 ± 0,001a	6,52 ± 0,03b

AMP: Almidón Municipio Paipa; AMB: Almidón Municipio Boyacá; L^* : Luminosidad; a^* : matiz; b^* : intensidad de color. Las variables con la misma letra en el superíndice dentro de la fila no muestran diferencias significativas entre sí ($n=3$, $P \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

Los almidones nativos extraídos de arracacha presentan propiedades fisicoquímicas diferentes para las dos fuentes AMP y AMB que difieren del origen y condiciones de cultivo entre otros; los rendimientos de 24,49% para AMP y 25,89 % AMB los postulan como nuevas fuentes amiláceas para ser empleados en la industria de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC, 1988. Approved method of de American Association of Cereal Chemist. Ed(s) AACC. 7ma ed. St Paul MN USA method 44-15A, 44-40, 08-17, 02-31 y 02-52.
- Guizar-Miranda, A. 2010. Obtención y caracterización física y química del almidón de "camote de cerro" (*dioscorea spp*). Tesis magister en ciencias en producción agrícola y sustentable. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional CIIDIR Michoacán. Instituto politécnico nacional de México. Jiquilpan. 96 p.
- Hermann, M. 1997 Arracacha (*arracacia xanthorrhiza*) pp. 75-174. En: Hermann, M., y Heller, J (ed.). *Andean roots and tubers, ahupa, arracacha, maca and yacon*: vol (21) International Potato Center, Peru. 243 p.
- Hunter Lab. Manual. 2001. Hunter associates Laboratory Universal software version 3.8 ISO 9001 certified.
- Palacios, R., M. Morales y G. Arias. 2011. Evaluación química bromatológica de tres variedades de *arracacia xanthorrhiza* "arracacha. *Ciencia e Investigación* 14(2): 4-12.
- Pérez, E., R. Borneo, C. Melito and J. Tovar. 1999. Chemical, physical and morphometric properties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza B.*) starch. *Acta Cien. Ven* 50 (4): 240-244.
- Pérez, E., O. Gibert, A. Rolland-Sabaté and X. Segovia. 2011. Evaluation of the Functional Properties of Promising *Dioscorea trifida L.* Waxy Starches for Food Innovation. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*. 2011: 1-7.

Evaluación de las Propiedades Funcionales y Térmicas del Almidón de Papa Criolla

Evaluation of Functional Properties and Thermal Creole Potato Starch (*Solanum phureja*)

Lucas Aguirre Juan Carlos¹, Velásquez Herrera Julián², Montoya López Jairo¹

1 Profesor Asistente, Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. jclucas@uniquindio.edu.co

2 Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío

Resumen. Se evaluaron las propiedades térmicas y funcionales del almidón de papa criolla (*Solanum phureja*), mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), termogravimetría (TGA) y viscoamilografía (RVA). En el RVA, la temperatura de inicio de gelatinización fue 60,59°C, alcanzando una viscosidad máxima de 3963 cP; mientras en el TGA se presentó un primer evento de eliminación del agua con 9,46% entre los 20°C - 231,78°C, después se degradó el almidón (68,40%) entre 231,78°C a 393,90°C y en el tercer evento se produce la combustión de los demás componentes 21,13%, entre 393,90°C a 611,98°C. El residuo fue del 0,72% indicando el contenido de minerales. Los cambios en la transición de fase en el DSC, se realizaron a través de una reacción endotérmica, iniciando a los 38,28°C, con una temperatura en pico 66,97°C y una entalpía de 42,20 J/g. El almidón de papa criolla tiene una alta capacidad de retención de agua y de desarrollar altas viscosidades, demandando menor energía que otros almidones utilizados, lo que permitiría evaluar usos potenciales en la elaboración de sopas y postres.

Palabras clave: *Solanum phureja*, almidón, DSC, TGA, RVA.

Abstract. The thermal and functional properties of starch from creole potato (*Solanum phureja*), by differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetry (TGA) and viscoamylographic (RVA) were evaluated. In the RVA, the initial gelatinization temperature was 60.59 °C, reaching a maximum viscosity of 3963 cP; while in the TGA was presented a first event of removal of water with 9.46% between 20°C – 231.78°C, after starch (68.40%) between 231.78°C was degraded to 393.90°C and the third event in the combustion of the other ingredients is produced 21.13%, between 393.90°C to 611.98°C. The residue was 0.72%, indicating the content of minerals. Changes in the transition phase in the DSC, is done via an endothermic reaction performed, initiating at 38.28°C, with a peak temperature of 66.97°C and an enthalpy of 42.20J/g. The creole potato starch has a high water holding capacity and develops high viscosities, demanding less energy than other starches used, which would allow assessing potential uses in the preparation of soups and desserts.

Key words: *Solanum phureja*, starch, DSC, TGA, RVA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de almidón: La papa criolla cortada en rodajas; se licuó con agua destilada por 1 minuto a baja velocidad, el homogenizado se pasó a través de una malla de 54µm, con adición de agua destilada hasta que el agua de lavado estuviera completamente limpia; luego el filtrado se centrifugó a 10800 x g por 10 min. El sedimento correspondiente al almidón se secó en un horno de convección a 40°C por 24h, para posteriormente almacenarlo a 12°C y 92 %.

Análisis de Viscosidad (RVA): Se utilizó un viscoanalizador rápido RVA-4 (Newport Scientific PTY LTD, Sydney, Australia). Se preparó una solución al 7% de almidón. La solución fue calentada con agitación constante desde 50°C hasta 90°C con una velocidad de calentamiento de 6°C/min, se mantuvo la temperatura de 90°C durante 5 min y finalmente se enfrió a 50°C a una tasa de 6°C/min. Las variables determinadas fueron facilidad de cocción, inestabilidad del gel, reorganización, consistencia, viscosidad máxima y temperatura de inicio de gelatinización.

Análisis Termogravimétrico (TGA): Se utilizó en un equipo TA Instruments TGA Q500, en presencia de una atmósfera de nitrógeno para un rango temperaturas desde ambiente hasta 800°C con una velocidad de calentamiento de 5°C/min y en muestras de (6 ± 0,50) mg.

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC): La determinación de la temperatura y la entalpía de Gelatinización (Tp y ΔHp) del almidón se llevó a cabo con un Calorímetro Diferencial de Barrido (TA Instruments DSC-Q100), en muestras de (10 ± 0,50) mg con un contenido de humedad del 80%, para una velocidad de calentamiento de 5°C/min, desde temperatura ambiente hasta 100°C, en atmósfera de Nitrógeno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de viscosidad (RVA): En la Figura 1, se observa que el almidón comenzó a gelatinizar a los 60,59°C, siendo una temperatura baja, indicando que este almidón demanda menor tiempo y menor consumo de energía para que los gránulos de almidón comiencen a hincharse durante el tratamiento térmico, al continuar el

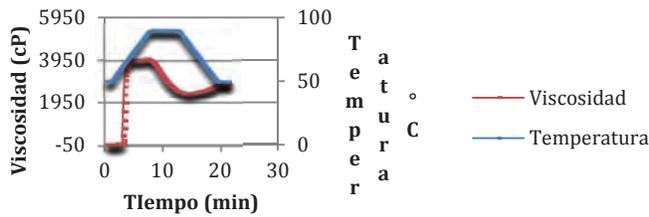


Figura 1. Viscoamilograma (RVA) de almidón de papa criolla.

calentamiento desarrolló una viscosidad máxima de 3963cP lo que corrobora la capacidad espesante del almidón de papa criolla.

Alvis *et al.*, (2008), reportan valores muy bajos en la viscosidad máxima en diferentes almidones de tubérculos comparados con el de papa criolla. Con relación a la facilidad de cocción arrojó un valor de 1,63 min, que indica el tiempo que transcurre desde que inicia y termina el proceso de gelatinización de los gránulos de almidón. La inestabilidad del gel es un indicativo de que tan estables y resistentes al cizallamiento, entre mas alto el valor indica mayor inestabilidad, siendo este almidon muy inestable (1472 cP). La variable reorganización, evalúa la reasociación de los polímeros de almidón solubles y los fragmentos granulares insolubles durante el enfriamiento, arrojó un valor de -1112cP y la consistencia -1120cP, indicando baja capacidad de retrogradación del almidón.

Análisis termogravimétrico (TGA): La Figura 2, muestra el termograma del almidón, con un comportamiento estable de degradación. En la primer etapa ocurre la eliminación del agua contenida en la muestra, con el 9,46% (0,47 mg) entre 20 - 231,78°C, en la segunda etapa se degrada el 68,40% (3,41 mg) entre los 231,78°C a 393,90°C, degradandose el almidón.

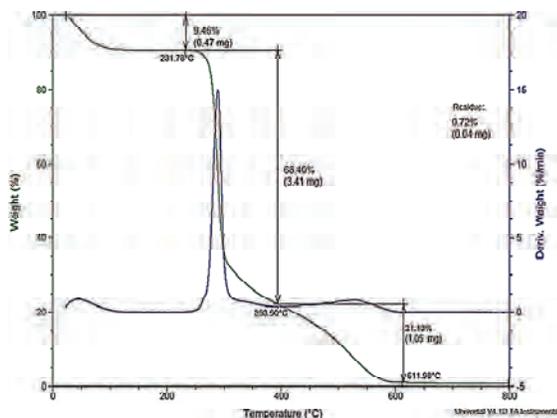


Figura 3. Termograma DSC para almidón.

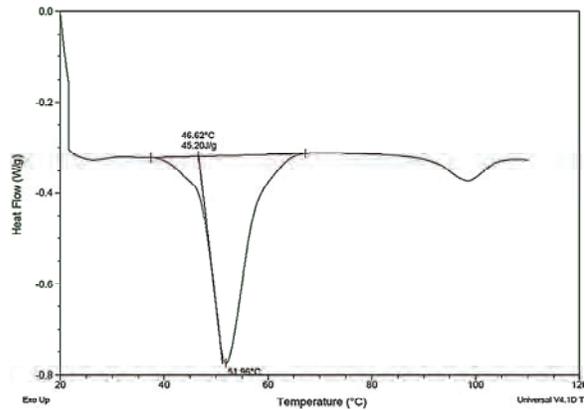


Figura 2. Termograma TGA del almidón.

En la tercer etapa se produce la combustión de los demás componentes (grasa, proteína) 21,13% (1,05 mg) entre 393,90 a 611,98°C. El residuo fue de 0,72% (0,04 mg) indicando el contenido de minerales del almidón. En estudios realizados al almidón de maíz por Mano *et al.*, (2003) y Mathew y Abraham (2007) con yuca, reportan una similitud en el porcentaje de pérdida de masa, siendo la velocidad de perdida mayor en el almidón de papa criolla que en el almidón de maíz. Ruíz, (2006), con almidón de yuca reporta diferencias no significativas en los porcentajes y la velocidad de pérdida, comparándolos con la papa criolla.

Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC): En la Figura 3, se observa un pico endotérmico, el evento inicia en 38,28°C, tiene un máximo en 66,97°C y una entalpía de 42,20J/g y una temperatura en pico de 51,96°C. Dicho evento sucede a los 28,69°C. Sandhu y Singh, (2007), en diferentes tipos de almidones de maíz, reporta temperaturas superiores a las de este estudio, mientras que la entalpía para la papa criolla es casi 4 veces superior. Ruíz, (2006), se reporta para el almidón de yuca, una temperatura en pico (118°C) y la entalpía (488,90J/g) siendo demasiado altas.

CONCLUSIONES

El almidón de papa criolla presenta una alta capacidad de retención de agua y de desarrollar altas viscosidades, demandando menor energía en el proceso de gelatinización que otros tipos de almidones, lo queda la posibilidad de evaluar usos potenciales en la elaboración de sopas y postres y debido a la baja retrogradación permitiría utilizarlo en panificación.

BIBLIOGRAFÍA

Alvis, A., C.A. Vélez, H.S. Villada, M. Rada-Mendoza. 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información Tecnológica. 19(1): 19–28.

Mano, J.F., D. Koniarova, and R.L. Reis. 2003. Thermal properties of thermoplastic starch/synthetic polymer blends with potential biomedical applicability. *Journal of materials science: materials in medicine*. 14 (1): 127-125.

Mathew, S. and E.T. Abraham. 2007. Physico-chemical characterization of starch ferulates of different degrees of substitution. *Food Chemistry*. 105: 579-589.

Ruiz, G. 2006. Obtención y caracterización de un polímero

biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y ciencia*. 2(4): 10-23.

Sandhu, K. and N. Singh. 2007. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem*. 101: 1499-1507.

Estabilidad Estructural de una Película Flexible Obtenida a Partir de Almidón Termoplástico con Ácido Esteárico

Structural Stability of a Flexible Film Obtained From Thermoplastic Starch With Stearic Acid

Giovanni Alejandro Varona B¹., Camilo Elías Montilla B²., Karen Lorena Delgado M³. y Héctor Samuel Villada⁴

- 1 Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Sede Popayán
- 2 Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Sede Popayán. cmontilla87@gmail.com
- 3 Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Sede Popayán. kade9026@gmail.com
- 4 Profesor titular. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de Agroindustria. Universidad del Cauca, sede Popayán. villada@unicauca.edu.co

Resumen. Se evaluó el efecto del ácido esteárico (AE) como aditivo en las propiedades mecánicas de tensión de una película flexible obtenida a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*), ácido poliláctico (PLA) y policaprolactona (PCL), comparando los resultados con una película flexible sin ácido esteárico en los días 2, 8, 15, 30, 40 y 70. Se obtuvieron películas por extrusión soplado, a partir de mezclas de pellets de almidón termoplástico (TPS) con AE y mezcla binaria (PLA + PCL). Las películas elaboradas con almidón nativo de la variedad SM 707-17 y AE presentaron una mayor disminución en la elongación máxima (-50,81%), en comparación con las películas elaboradas con la variedad Cumbre 3 y AE (-39,40%). La inclusión del ácido esteárico no afectó significativamente las propiedades mecánicas de la película durante el periodo del estudio.

Palabras clave: extrusión, PLA, PCL, tiempo de almacenamiento

Abstract. The effect of stearic acid (SA) as an additive in the tensile mechanical properties of a flexible film obtained from cassava starch (*Manihot esculenta*), polylactic acid (PLA) and polycaprolactone (PCL) was evaluated by comparing the results with a flexible film without stearic acid on days 2, 8, 15, 30, 40 and 70. Blown films were obtained by extrusion, from mixtures of pellets of thermoplastic starch (TPS) add SA and binary mixture (PLA + PCL). Films made with native starch variety SM 707-17 and SA had a greater decrease in

the maximum elongation (-50.81%), compared to films made with Cumbre 3 variety and SA (-39.40%). The inclusion of stearic acid did not affect significantly the mechanical properties of the film during the study period.

Key words: extrusion, PLA, PCL, storage time

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente ha crecido en los últimos años y la tendencia es que siga aumentando (Yang, et al., 2013, Shirai et al., 2013) dando origen a investigaciones que utilicen materias primas renovables como almidones para reemplazar los polímeros convencionales de origen (Soares et al., 2013). El uso de almidones para la fabricación de polímeros biodegradables es una alternativa económica y de gran tendencia reemplazando día a día los polímeros sintéticos (Shirai et al., 2013, Reolon et al., 2013). La Universidad del Cauca a través del grupo de investigación CYTBIA ha venido desarrollando un material flexible a partir de almidón de Yuca (*Manihot esculenta*) y PLA, al fijar condiciones de procesamiento, como son: variedades de almidón, perfiles de temperatura y proporciones de mezclas (MADR, 2011), sin embargo, las películas aún presentan algunos inconvenientes, por este motivo se pretende determinar si la adición de AE permitirá mejorar la estabilidad en las propiedades mecánicas de las películas flexibles (Reolon et al., 2013).

MATERIALES Y METODOS

Se evaluó la estabilidad en el tiempo de cuatro películas flexibles, las cuales se describen de la siguiente manera: película con almidón de la variedad SM 707-17 y AE, película con almidón de la variedad SM 707-17 sin AE, película con almidón de la variedad Cumbre 3 y AE, película con almidón de la variedad Cumbre 3 sin AE. La tabla 1 muestra el diseño experimental utilizado:

Tabla 1. Diseño experimental

Factor	Niveles	Variables de respuesta
Variedad de almidón	SM 707-17	Esfuerzo, elongación y módulo de Young en tensión.
	Cumbre 3	
Aditivo	Ácido esteárico	
	Sin aditivo	
Envejecimiento(días)	2	
	8	
	15	
	30	
	40	
	70	

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se empleó la prueba de comparación múltiple Tukey con un nivel de significancia de 0,05, además se realizó la prueba inter sujetos para determinar la incidencia de los factores para las variables de respuesta mencionadas en la tabla 1, las anteriores pruebas se llevaron a cabo utilizando el estadístico SPSS (SPSS, Inc., Versión 17). Para ejecutar la prueba de tensión se procedió según la norma ASTM D-882 y se empleó una máquina universal de ensayos marca Shimadzu modelo EZ-L, Japón, en el laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la prueba de los efectos inter-sujetos, se pudo determinar que la elongación máxima en el punto de rotura, fue la variable de respuesta que más se vio afectada por los factores (variedad, día de envejecimiento y aditivo). Las películas obtenidas con almidón SM 707-17 y AE, presentaron una mayor disminución en la elongación máxima pasando de 71,79% a 20,98% (-50,81%), en comparación con las películas elaboradas con almidón Cumbre 3 que pasaron de 65,05% a 25,65% (-39,40%) (Ver Figura 1), comportamiento que puede ser causado por las diferentes distribuciones de las

cadena de amilopectina y a su grado de polimerización, que son dadas por la variedad del almidón (Bertoft, *et al.*, 2008), otro factor que podría ocasionar mayor pérdida en elongación para el tratamientos con la variedad SM 707-17 es la posible formación del complejo amilosa-ácido esteárico en mayor proporción con respecto a los de la variedad de almidón Cumbre 3 (Wu, *et al.*, 2011), debido a que este complejo se forma principalmente con la amilosa (Sarazin *et al.*, 2008), la cual se encuentra en mayor proporción en la variedad de yuca SM 707-17 (CREPIC y Universidad del Cauca, 2011). En cuanto a la resistencia máxima a la tensión, la prueba de los efectos inter-sujetos indica que el día (tiempo de envejecimiento) fue el único factor que incidió significativamente sobre este valor. Las películas hechas con la variedad SM 707-17 presentaron una disminución significativa de la resistencia máxima entre los días 2 y 70, efecto que puede ser causado por el efecto de la retrogradación del almidón y la posible formación del complejo amilosa-ácido esteárico (Wu, *et al.*, 2011), lo cual hace que aumente la fragilidad de las películas.

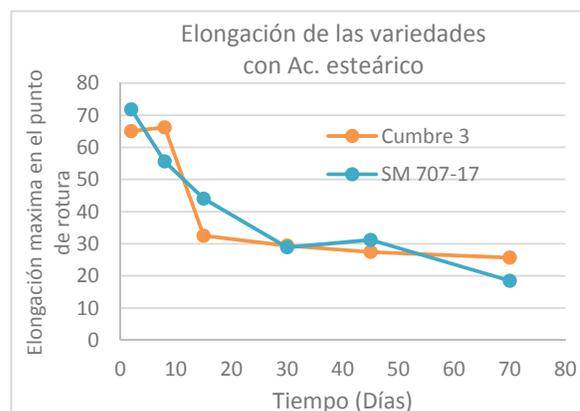


Figura 1. Elongación de las variedades con Ac. Esteárico.

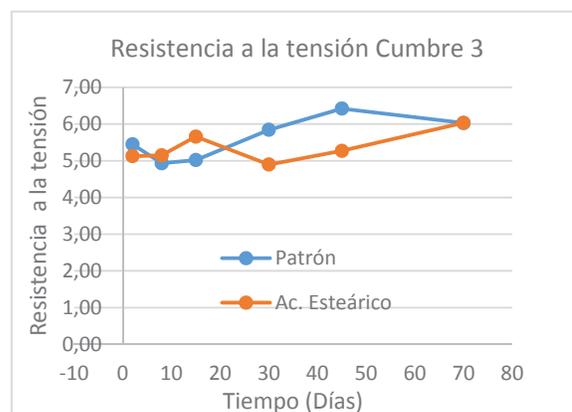


Figura 2. Resistencia a la tensión Cumbre 3.

En las películas con almidón Cumbre 3, la resistencia máxima a la tensión no presenta diferencia significativa entre los días 2 y 40 para los tratamientos con aditivo (ver figura 2), a diferencia del tratamiento patrón, donde se muestra un incremento significativo causado posiblemente por la retrogradación del almidón, lo cual a su vez otorga mayor rigidez a la película (Jiménez, *et al.*, 2013, Jiménez, *et al.*, 2012, Nobrega, *et al.*, 2011, Pushpadass y Hanna, 2009). Del día 40 al 70 ningún tratamiento presentó diferencia significativa a pesar de que esta propiedad continua variando, producto de los fenómenos como la retrogradación del almidón y migración de plastificante. El efecto de la MB, no fue significativo para ninguno de los cuatro tratamientos, sin embargo, la caída en el porcentaje de elongación del PCL; que pasa de un 800% a un 30% aprox. en los primeros 8 días después de procesado, pudo influir en la disminución de esta propiedad en todos los tratamientos, es importante mencionar que el AE interactuó principalmente con el almidón y no con los otros biopolímeros de la mezcla.

CONCLUSIONES

La incorporación de ácido esteárico en las películas de almidón termoplástico no generó un incremento en su estabilidad estructural durante el tiempo de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- American Society for Testing and Materials. 2009. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM D882 – 09. West Conshohocken Pennsylvania, p. 1-10.
- Jiménez, A., M. J. Fabra and A. Chiralt. 2012. Effect of recrystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. *Food Hydrocolloids*. 26 (1): 302-310.
- Jiménez, A., M. J. Fabra, P. Talens and A. Chiralt. 2013. Phase transitions in starch based films containing fatty acids. Effect on water sorption and mechanical behavior. *Food Hydrocolloids*. 30 (1), 408-418.
- Nobrega, M., J. B. Olivato, M. V. Grossmann, E. Bona and F. Yamashita. 2011. Effects of the Incorporation of Saturated Fatty Acids on the Mechanical and Barrier Properties of Biodegradable Films. *Journal of Applied Polymer Science*. 112: 3695-3703.
- Wu, X., Y. Cheng, X. Lu, Z. Du and P. Zhu. 2011. Effect of stearic acid and sodium stearate on cast cornstarch films. *Journal of Applied Polymer Science*. 124: 3782-3791

Extracción y Caracterización de Almidón de “Bore” (*Alocasia macrorrhiza*)

Extraction and Characterization from “Bore” Starch (*Alocasia macrorrhiza*)

Nancy Ariza¹; Pablo Rodríguez^{1*}

1 Grupo de investigación bioprocesos y seguridad alimentaria. Facultad de Ingeniería, Administración y Ciencias Básicas. Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad Incca de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. A.A 14817.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: pabloerf@gmail.com; a.riza.nancy@hotmail.com.

Resumen: El objetivo de este trabajo fue la extracción de almidón del tallo de bore (*Alocasia macrorrhiza*) y su caracterización. El rendimiento del almidón de bore fue de 38,49%, presenta un color blanco amarillento y viscosidad de fluido pseudoplástico.

Palabras clave: Almidón, nativo, humedad, color, viscosidad.

Abstract: The aim of this work was the extraction of “bore” stem starch (*Alocasia Macrorrhiza*) and its characterization. The yield of bore starch was 38.49%, has a yellowish white color and viscosity of pseudo-plastic fluid.

Key words: starch, native, moisture, color, viscosity.

INTRODUCCIÓN

La *Alocasia macrorrhiza*, es una hierba gigante, con la característica principal de acumular almidón en tallos subterráneos llamados cormos y algunas especies lo acumulan en el tallo aéreo. Es de gran utilidad en la alimentación animal y también humana. El tallo de bore es una materia prima de potencial uso en procesos agroindustriales (panificación, extracción de almidones, harinas precocidas, concentrados, entre otros) (Gómez y Acero, 2002). Por tales razones, el propósito de este trabajo fue extraer y caracterizar el almidón del tallo aéreo del bore.

MATERIALES Y MÉTODOS

El almidón se extrajo a nivel de laboratorio mediante un proceso manual, siguiendo el método establecido por Pérez et al. (2011). Al almidón se le determinó humedad (AACC, 2003), color (Yam y Papadakis, 2004) por medio de procesamiento de imágenes en el software Adobe photoshop 14, viscosidad (AACC, 1988) empleando un viscosímetro Brookfield model RVT serial 99546. Con las coordenadas $L^*a^*b^*$ se calculó el índice de blancura (IB), que representa la blancura total de la muestra versus la blancura del control (almidón comercial de yuca), .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

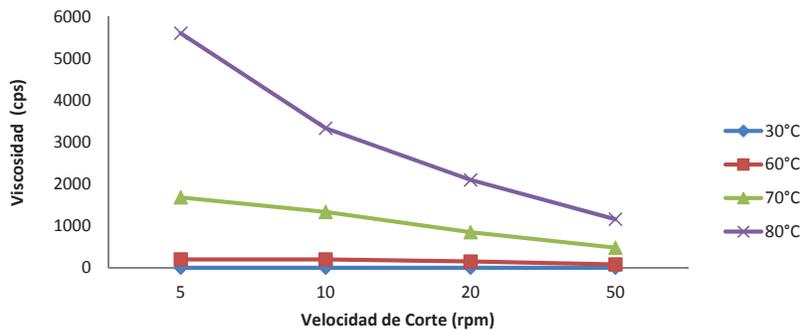
La humedad del almidón 8,40% el cual es inferior al reportado en la literatura para almidones de *Colocasia esculenta* y *Xanthosoma sagittifolium* (Palomino et al., 2010). El color presentó una tendencia a blanco amarillento por sus valores de L^* y b^* (Tabla 1). El color del almidón de bore es más oscuro que el reportado en otros trabajos para otras fuentes tropicales (Palomino et al., 2010), esto se debe a las diferencias, botánicas, de proceso, etc. En la Figura 1 se observa que la viscosidad aumentó con respecto al incremento de la temperatura, y disminuyó al aumentar la velocidad, estos resultados son superiores a lo reportado en la literatura (Palomino et al., 2010).

Tabla 1. Características del almidón de bore.

Parámetro		Promedio
Humedad (%)		8,40±0,07
Color	L^*	83,00± 0,81
	a^*	-1,30±0,54
	b^*	2,60±0,49
	IB	82,72

IB: Índice de Blancura. Valores en la tabla son promedio ± su desviación estándar, n=3.

Figura 1. Viscosidad aparente del almidón de bore (7%).



CONCLUSIONES

Del tallo del bore se puede extraer almidón con un color blanco amarillento, el cual tiene comportamiento en viscosidad de fluido pseudo-plástico, por tanto, es una materia prima de uso potencial en agroindustria para desarrollo de nuevos productos alimenticios.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists (AACC, No 44-16). 2003. Approved Methods. Edición 10th, CPL Scientific Publishing.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 1988. The American Association of Cereals Chemists, Cereal Laboratory Methods, St. Paul, Minn.
- Gómez M. y L. Acero. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Bore *Alocasia Macrorrhiza*.
- Palomino, C., Y. Molina y E. Pérez. 2010. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. Rev. Facultad de Agronomía (UCV) 36 (2): 58-66.
- Pérez, E., O. Gibert, A. Rolland-Sabaté and X. Segovia. 2011. Evaluation of the Functional Properties of Promising Dioscoreatrida L. Waxy Starches for Food Innovation. International Journal of Carbohydrate Chemistry. 2011: 1-7.
- Yam, K y S. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61(1):137-42.

Diseño y Caracterización de Películas Comestibles con Almidón de “Bore” (*Alocasia macrorrhiza*)

Design and Characterization of Edible Films from “Bore” Starch (*Alocasia macrorrhiza*)

Nancy Ariza¹; Pablo Rodríguez^{1*}

Resumen: Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar películas comestibles a partir de almidón de bore, lípido, glicerol y agua. Las películas obtenidas presentaron un color amarillo claro, su espesor estuvo en $0,210\text{mm} \pm 0.003$ y la permeabilidad al vapor de agua (PVA) entre $1,51 \times 10^{-8}$ y $4,12 \times 10^{-9} \text{ g}^* \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$. Las películas presentaron un espesor inferior a lo exigido por la normatividad colombiana para materiales sintéticos (250 micrones) y baja permeabilidad a vapor de agua.

1 Grupo de investigación bioprocesos y seguridad alimentaria. Facultad de Ingeniería, Administración y Ciencias Básicas. Programa ingeniería de Alimentos, Universidad Incca de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. A.A 14817.
* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: pabloerf@gmail.com; a.riza.nancy@hotmail.com.

Palabras clave: Lípido, permeabilidad, color.

Abstract: This study aimed to develop edible films from “bore” starch, lipid, glycerol and water. Films obtained showed a light yellow color, its thickness was $0.210\text{mm} \pm 0.003$ and water vapor permeability (WVP) between 1.51×10^{-8} and $4.12 \times 10^{-9} \text{ g}^* \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$. The films had a thickness lower than that required by Colombian regulations for synthetics materials (250 microns) and low permeability to water vapor.

Key words: Lipid, permeability, color.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de películas comestibles, requiere de materias primas como polisacáridos entre ellos los derivados de celulosa, almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, pululana, entre otros. Dentro de los polisacáridos, el almidón es el biopolímero natural más empleado, razón por la cual surge el interés por generar nuevos productos, útiles en la industria de alimentos que buscan concientizar la disminución en el uso de los polímeros de difícil degradación utilizados para empaques de alimentos. En este trabajo se empleo un almidón nativo de bore (*Alocasia macrorrhiza*). Siendo escasos los trabajos con este almidón al carecer de importancia a nivel industrial, se busca destacar su uso. El objetivo de este trabajo se baso en el diseño de una película comestible, así mismo

Tabla 1. Características de películas comestibles.

Lípido	Color			Espesor (mm)	PVA ($\text{g}^* \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$)
	L*	a*	b*		
0%	77,6 ± 0,90c	-3,6 ± 0,65a	9,0 ± 0,68a	0,21 ± 0,003a	1,51E-08 ± 9,57E-09a
1%	73,4 ± 0,72bc	-1,9 ± 0,94ab	11,0 ± 0,96ab	0,22 ± 0,000a	1,46E-08 ± 8,48E-09a
1,25%	72,0 ± 0,70ab	-1,6 ± 0,98bc	13,7 ± 0,61b	0,21 ± 0,003a	7,84E-09 ± 2,65E-09a
1,50%	71,3 ± 0,87a	-1,9 ± 1,17c	18,0 ± 0,92c	0,22 ± 0,011a	4,12E-09 ± 7,41E-10a

Valores en la tabla son promedio ± desviación estándar, n=3.

Valores en columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$)

analizar el efecto de la inclusión de distintas concentraciones de lípido en las propiedades físicas y funcionales de las películas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con almidón de bore del municipio de Puente Nacional (Santander, Colombia) el almidón se extrajo por el método de Pérez et al. (2011). Las películas se elaboraron teniendo en cuenta lo descrito por Tapia et al. (2012). En agua destilada hasta completar el 100% se dispersó de almidón (7%), lípido (1%, 1.25% y 1.5% de aceite crudo de soya) y glicerol (3,5%); el almidón se gelatinizó (82°C), se desgasificó a vacío por 15 minutos, el material se dispuso en cajas de petri; luego se deshidrataron a 45°C por 24 horas. La permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinó gravimétricamente a 25°C, utilizando una modificación del método estándar de la ASTM (2012). El Color se determinó según León (2012). Los datos se analizaron con una ANOVA de una vía y comparaciones

múltiples Fischer LSD ($P \leq 0,05$) los datos se procesaron con el software Statgraphics centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El color de las películas fue afectado por la adición de lípido, el cual redujo la luminosidad (L^*) e incremento 100% el amarillo (b^*) a 1,5% respecto al control (Tabla 1). El espesor no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos al igual que la permeabilidad ($P \leq 0,05$), sin embargo, la adición de lípido muestra una tendencia a reducir ligeramente la PVA de los film, pero se requieren más estudios que permiten afirmarlo.

CONCLUSIÓN

Es posible obtener películas comestibles con almidón de bore y la adición de aceite crudo de soya, el cual puede ser agregado en pequeñas cantidades a fin de mejorar su PVA.

BIBLIOGRAFÍA

Efecto del Sorbitol sobre la Relajación Estructural en Películas de Gelatina en Estado Vítreo

Effect of Sorbitol on Structural Relaxation of Gelatin Films in the Glassy State

Paulo Díaz-Calderón¹; Frank Quero¹; Bill MacNaughtan²; Mina Rousenova³; Javier Enrione

1 Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad de los Andes. M. Alvaro del Portillo 12.455, Las Condes, Santiago, CHILE. jenrione@uandes.cl

2 Division of Food Sciences, The University of Nottingham. Sutton Bonington Campus, Loughborough LE12 5RD, REINO UNIDO;

3 School of Physics. HH Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Tyndall Avenue BS8 1TL, Bristol. REINO UNIDO

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del sorbitol sobre la relajación estructural de películas de gelatina almacenadas bajo la temperatura de transición vítrea (T_g). Películas de gelatina de bovino y sorbitol fueron preparadas mediante vaciado en placa (casting). El sorbitol fue agregado en fracciones en peso (Q_s) de 0,0, 0,06 y 0,10. Las películas fueron acondicionadas a fracciones de contenido de humedad en peso (Q_w) de 0,18, 0,15 y 0,18 respectivamente. La entalpía de relajación (ΔH) fue determinada mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). Se obtuvieron valores de T_g de 48°C ($Q_s=0,0$), 35°C ($Q_s=0,06$) y 30°C ($Q_s=0,10$). Luego de eliminar el historial térmico (30°C sobre T_g , 15 minutos), las muestras fueron almacenadas entre 2 y 80 horas a 10°C bajo $T_{g_{onset}}$. La adición de sorbitol produjo una reducción significativa ($p < 0,05$) en la cinética de relajación. La linealización del valor de entalpía de relajación (ΔH) en función del tiempo de almacenamiento mostró una reducción de la pendiente en las muestras con sorbitol. La reducción en la cinética de relajación estaría relacionada

con el efecto de densificación asociado al polioli en matrices vítreas recientemente reportada mediante espectroscopía de positrones (PALS).

Palabras clave: Gelatina, plastificantes, estado vítreo, relajación entálpica.

Abstract. The objective of this work was to study the effect of sorbitol on the enthalpy relaxation of gelatin films stored at temperatures below T_g . Bovine gelatin sorbitol films were prepared by cold casting. Sorbitol was added at a weight fraction (Q_s) of 0.0, 0.06 and 0.10. Films were equilibrated to a moisture weight fraction (Q_w) of 0.18, 0.15 and 0.18 respectively. Enthalpy relaxation (ΔH) was measured by differential scanning calorimetry DSC. T_g values were observed at 48°C ($Q_s=0.0$), 35°C ($Q_s=0.06$) and 30°C ($Q_s=0.10$). After thermal history deletion (30°C above T_g , 15 minutes), samples were aged between 2 and 80 hours at 10°C below $T_{g_{onset}}$. The addition of sorbitol showed a significant reduction ($p < 0.05$) in relaxation kinetic. The

linearization of relaxation enthalpy (ΔH) versus aging time showed a reduction of the slope in samples with sorbitol. The reduction in structural relaxation kinetic was related to a densification effect by the polyol as recently reported by Positron Spectroscopy (PALS).

Key words: Gelatin, plasticizers, glassy state, physical aging.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad estructural de un material polimérico depende de su estado físico (ordenamiento molecular), contenido de sólidos (o contenido de humedad) y temperatura. La temperatura determina el tipo de cambio estructural que adoptará el material durante el almacenamiento para alcanzar una condición termodinámica favorable. En materiales poliméricos almacenados bajo T_g , la movilidad molecular se encuentra restringida debido a la alta viscosidad (10^{12} Pas¹). En este caso el material tiende a un equilibrio termodinámico mediante liberación de energía (ΔH) y disminución del volumen específico (densificación), fenómeno conocido como *Physical Aging* (Liu *et al.*, 2006; Le Meste *et al.*, 2002). Este es un fenómeno espontáneo y es objeto de investigación por las implicancias tecnológicas que posee. El material al relajarse se observan cambios en propiedades físicas tales como el aumento del módulo elástico (Chung y Lim, 2004; Badii y Howell, 2006 y Enrione *et al.*, 2012), aumento de su fragilidad (Lourdun *et al.*, 2002) y se observa una disminución en los valores de permeabilidad y difusividad (Struik, 1978; Pekarski *et al.*, 2000; Jin Kim *et al.*, 2003 y Hu *et al.* 2007). Literatura reciente ha mostrado que compuestos de bajo peso molecular (plastificantes) en una matriz polimérica en el estado vítreo producen importantes cambios estructurales asociados a una densificación de la matriz, con un aumento en el grado de empaquetamiento molecular (Roussanova *et al.*, 2010;

Roussanova *et al.*, 2012). Esto sugiere que la adición de plastificantes podría tener un efecto significativo en la cinética de relajación estructural. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del sorbitol (plastificante de uso común en la industria de alimentos y farmacéutica) sobre el *Physical Aging* de gelatina de bovino. Comprender este fenómeno permitiría modular algunas propiedades del material (permeabilidad, difusividad) durante el almacenamiento, lo cual es relevante en el diseño óptimo de matrices poliméricas utilizadas en encapsulación de bioactivos y en sistemas de liberación controlada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Películas de gelatina de bovino (Rousselot, Bloom 220) y sorbitol (Blumos) fueron preparadas mediante vaciado en placa (casting, 5°C). A una solución al 7% (p/v) de gelatina se agregó sorbitol en fracciones en peso (Qs) de 0,0, 0,06 y 0,10. Las muestras fueron almacenadas en moldes de teflón hasta obtener una película de espesor uniforme (~0,3 mm). Las películas fueron luego acondicionadas en ambientes de humedad relativa constante (44%, solución saturada de K₂CO₃) hasta el equilibrio (diferencia en peso entre dos medidas menor al 0,5%). El valor de T_g de cada muestra se determinó por DSC (Pyris Diamond, Perkin Elmer) aplicando dos barridos térmicos entre -20°C y 120°C a 10°C/min a una muestra de ~20 mg, utilizando cápsulas de acero inoxidable y una muestra vacía como referencia. La T_g se consideró como el punto medio de la transición observada en el segundo barrido. La cinética de relajación entálpica (*Physical Aging*) fue determinada luego de eliminar el historial térmico (30°C sobre T_g , 15 minutos); las muestras fueron almacenadas durante 2, 4, 8, 16, 40 y 80 horas a 10°C bajo $T_{g\text{onset}}$. Dos barridos térmicos fueron realizados entre -10°C y 65°C a 10°C/min a una muestra de ~20 mg. La entalpía de relajación (ΔH , J/g) fue calculada de la sustracción del primer barrido respecto del segundo.

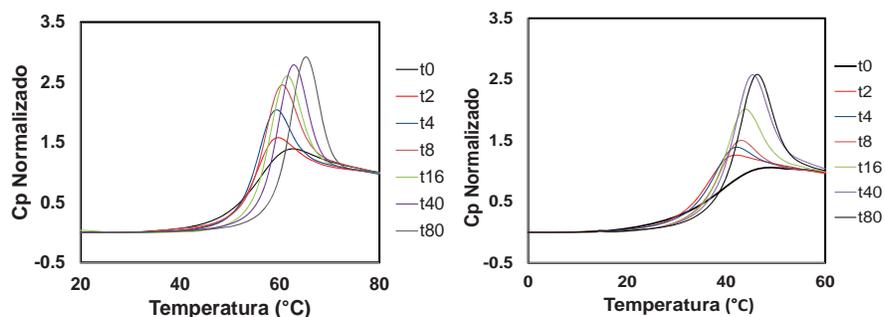


Figura 1. Relajación entálpica en películas de gelatina (a) y con sorbitol 0.10 (b) a distintos tiempos de almacenamiento (horas).

La medición del espacio libre intermolecular (V_h) se desarrolló mediante espectroscopia de positrones PALS (School of Physics, University of Bristol, UK). Se utilizó un equipo PALS operado mediante un sistema *fast-fast coincidence* con una función de resolución gaussiana (FWHN) de 0,175 ns. Na fue utilizado como fuente de positrones la cual fue preparada depositando dos gotas de NaCl entre dos láminas de Kapton foil de 7,5 μm . Cada corrida experimental fue desarrollada durante dos horas para generar al menos 2,5 millones de cuentas experimentales. El espectro de tiempo de vida media de los positrones fue analizado descomponiendo el espectro en tres componentes usando el software LT 9.1. El tamaño promedio de V_h fue calculado desde el tiempo de vida media del orto-positronium (o-Ps) usando la ecuación semi-empírica de Tau-Eldrup (Roussanova et al.,2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización inicial de las muestras mostró que el sorbitol produjo una disminución significativa de T_g ($p < 0,05$, ANOVA) en todas las muestras analizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de humedad y T_g de películas gelatina-sorbitol.

Contenido de Sorbitol (Q_s)	Contenido de Humedad (Q_w)	T_g ($^{\circ}\text{C}$)
0.00	0.18	48
0.06	0.16	35
0.10	0.18	30

La Figura 1. Presenta los termogramas de las películas de gelatina sin y con sorbitol ($Q_g=0,10$), almacenados isotérmicamente 10°C bajo $T_{g_{\text{onset}}}$ entre 0 y 80 horas. Se observa una relajación de entalpía que aumenta gradualmente en función del tiempo. Se observa que este aumento no sigue un comportamiento lineal, ya que a tiempos largos el área bajo el pick endotérmico tiende a un valor constante (Figura 1). Este resultado sugiere que la presencia de sorbitol modifica la cinética de relajación del material. Como se observa en Figura 2, la presencia de sorbitol produce una disminución en el valor de la pendiente de la curva ΔH vs $\log(t)$.

Una posible explicación de este fenómeno está en los cambios nano-estructurales descritos en películas de gelatina-plastificante mediante Espectroscopia de Positrones (PALS). Este estudio demuestra que el sorbitol actúa aumentando el empaquetamiento molecular de las películas de gelatina (Figura 3), disminuyendo el volumen de los espacios intermoleculares (V_h). Por lo tanto el mecanismo de relajación se vería alterado debido a la reducción del volumen libre que ejerce el sorbitol

y al aumento en el grado de frustración molecular de las cadenas de gelatina en presencia de sorbitol en el estado vítreo (Roussanova *et al.*, 2012; Roussanova.2011).

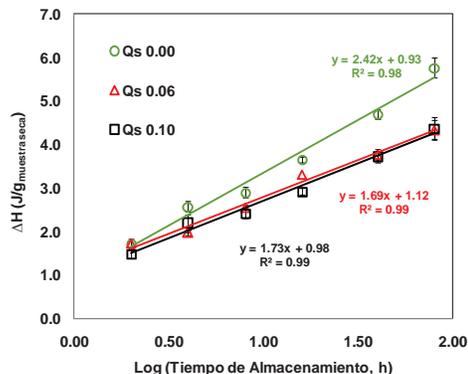


Figura 2. Entalpía de relajación (ΔH , $\text{J/g}_{\text{muestra seca}}$) en películas de gelatina-sorbitol en función del logaritmo del tiempo de almacenamiento.

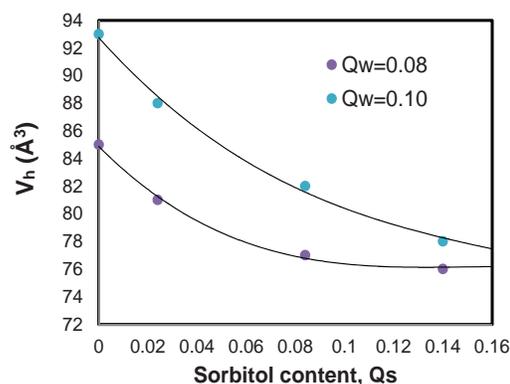


Figura 3. V_h en función del contenido de sorbitol a dos contenidos de humedad bien definidos (20°C). (Roussanova.2011)

CONCLUSIONES

El sorbitol modifica la cinética de relajación en películas de gelatina en estado vítreo reduciendo el valor de entalpía de relajación (ΔH) en función del tiempo de almacenamiento. Este comportamiento podría ser explicado a partir de los cambios nano-estructurales relacionados con el rol del sorbitol que actúa aumentando el empaquetamiento molecular en matrices poliméricas en estado vítreo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por los proyectos FONDECYT N°1110607 y PAI N°79130039.

BIBLIOGRAFÍA

- Badii, F. and N.K. Howell. 2006. Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids* 20(5): 630-640.
- Chung, H-J and S-T Lim. 2004. Physical aging of glassy normal and waxy rice starches: thermal and mechanical characterization. *Carbohydrate Polymers* 57(1): 15-21.
- Enrione, J., C. Sáez, D. López, O. Skurtys, C. Acevedo, F. Osorio, W. MacNaughtan and S. Hill. 2012. Structural relaxation of salmon gelatin films in the glassy state. *Food and Bioprocess Technology* 5(6): 2446-2453.
- Hu, C.C., Y.J. Fu, S.W. Hsiao, K.R. Lee and J.Y. Lai. 2007. Effect of physical aging on the gas transport properties of poly(methyl methacrylate) membranes. *Journal of Membrane Science* 303(1-2): 29-36.
- Jin Kim, Y., T. Hagiwara, K. Kawai, T. Suzuki and R. Takai. 2003. Kinetic process of enthalpy relaxation of glassy starch and effect of physical aging upon its water vapor permeability property. *Carbohydrate Polymers* 53(3): 289-296.
- Le Meste, M., D. Champion, G. Roudaut, G. Blond and D. Simatos. 2002. Glass transition and food technology: A critical appraisal. *Journal of Food Science* 67(7): 2444-2458.
- Liu, S., B. Bhandari and W. Zhou. 2006. Glass transition and enthalpy relaxation of amorphous foods saccharides: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(16): 5701-5717.
- Lourdin, D., P. Colonna, G.J. Brownse, T.R. Noel and S.G. Ring. 2002. Structural relaxation and physical ageing of starchy materials. *Carbohydrate Research* 337(9): 827-833.
- Pekarski, P., J. Hampe, I. Böhm, H.G. Brion and R. Kirchheim. 2000. Effect of aging and conditioning on diffusion and sorption of small molecules in polymer glasses. *Macromolecules* 33(6): 2192-2199.
- Rahman, M.S. 2006. State diagram of foods: its potential use in food processing and product stability. *Trends in Food Science & Technology* 17(3):129-141.
- Struik L.C.E. 1978. *Physical aging in amorphous polymers and other materials*. Primera Edición. Elsevier, Netherlands. 229 p.
- Roussanova, M., M. Murith, A. Alam and J. Ubbink. 2010. Plasticization, antiplasticization, and molecular packing in amorphous carbohydrate-glycerol matrices. *Biomacromolecules* 11(12): 3237-3247.
- Roussanova, M., J. Enrione, P. Díaz, A.J. Taylor, J. Ubbink and M.A. Alam. 2012. A nanostructural investigation of glassy gelatin oligomers: molecular organization and interactions with low molecular weight diluents. *New Journal of Physics* 14(3): 1-18
- Roussanova, M. 2011. *Molecular organisation and mobility in glass forming systems - A free volume perspective*. PhD Thesis, School of Physics, University of Bristol, Bristol, UK. 234 p.
- Townrow, S., D. Kilburn, A. Alam and J. Ubbink. 2007. Molecular packing in amorphous carbohydrate matrixes. *The Journal of Physical Chemistry B* 111(44): 12643-12648.

Películas de Gelatina Adicionadas de Bagazo de Caña de Azúcar Pirolisado *Gelatin Films Incorporated With Pyrolyzed Sugarcane Bagasse*

Tapia-Blácido, D.R.¹

¹ Professor Doctor, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Química, Universidade de São Paulo, Sede Ribeirão Preto-SP, Brazil, delia@ffclrp.usp.br

Resumen. En este trabajo fueron producidas y caracterizadas películas de gelatina de 180 y 240 bloom adicionadas de bagazo de caña de azúcar pirolisado (BCP). El efecto de la concentración del bagazo de caña de azúcar pirolisado en las propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua de las películas fue evaluado. La composición elemental del BCP mostró alto contenido de carbono (77,9%) y bajo contenido de hidrógeno (3,3%). Las películas presentaron baja opacidad y color oscuro. Las propiedades mecánicas y la propiedad de barrera al vapor de agua de las películas variaron en función del tipo de gelatina y la concentración de bagazo de caña de azúcar adicionado. Las películas de gelatina de 240 bloom

adicionadas de BCP fueron más resistentes a la rotura, menos elongables y más permeables al vapor de agua que las películas de 180 bloom.

Palabras clave: Gelatina, películas, propiedades mecánicas, bagazo de caña de azúcar, microestructura.

Abstract. We aimed to produce and characterize gelatin films of 180 and 240 bloom containing pyrolyzed sugarcane bagasse. We evaluated how the concentration of pyrolyzed sugarcane bagasse (PSB) affected mechanical properties and water vapor barrier of films. The elementary composition of PSB showed high carbon content (77.9%) and low hydrogen

content (3.3%). The films showed low opacity and dark color. The gelatin type and the concentration of PSB have a greater influence on the mechanical properties and the water vapor permeability. Gelatin films of 240 bloom incorporated with PSB were more resistant at breaking, less elongable and more water vapor permeable compared to 180 bloom films.

Keywords: Gelatin, films, mechanical properties, sugarcane bagasse, microstructure

INTRODUCCIÓN

Las películas de proteínas presentan interesantes características, pues forman una matriz de grande cohesión y continuidad, que resulta en buenas propiedades mecánicas y de barrera a los gases. La gelatina es una proteína de gran interés comercial por su bajo precio, pues es un producto obtenido de residuos de huesos, tendones, pieles y cartílagos. El constituyente principal de la gelatina es el colágeno. La fuerza de la formación del gel es conocido como bloom, siendo la fuerza necesaria para penetrar 4 mm en la superficie del gel (AOAC, 1984). La gelatina presenta excelente capacidad de formación de película, buenas propiedades de barrera al oxígeno, buena transparencia y extensibilidad (Priscilia *et al.*, 2011).

El bagazo de caña de azúcar es un residuo fibroso que resulta de la extracción del caldo de caña de azúcar en los complejos azucareros. El bagazo presenta 20% de lignina, 25% de hemicelulosa y 41% de celulosa. En los complejos azucareros, 95% del bagazo de caña de azúcar es usado como fuente de generación de energía, para eso es quemado en calderas de bagazo generándose grandes cantidades de cenizas, que son considerados residuos. El BCP puede presentar la siguiente composición: 47% de Carbono, 0,2% de Nitrógeno, 6,0% de Hidrógeno y 46,8% de Oxígeno (en masa seca) (Erich *et al.*, 2006). Por lo tanto, este material puede ser utilizado como material de refuerzo para mejorar las propiedades de las películas de polisacáridos y proteínas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de bagazo de caña de azúcar y del tipo de gelatina (180

y 240 bloom) en las propiedades mecánicas, humedad y permeabilidad al vapor de agua de las películas obtenidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

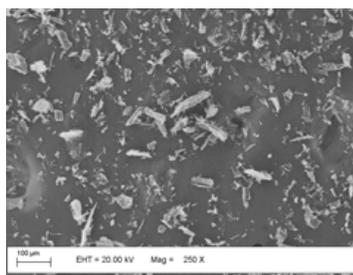
Materiales. La gelatina de 180 y 240 bloom fue de la marca Gelita (Brasil). El glicerol fue usado como plastificante (Sigma-Aldrich). El bagazo de caña de azúcar fue donado por la empresa São Martinho (Pradópolis-SP, Brasil).

Pirólisis del bagazo de caña de azúcar. El bagazo fue lavado con agua destilada caliente por 1 hora, después fue secado en estufa a 105 °C x 24 horas, luego molido usando molino de martillos y tamizado (40 mesh). El bagazo fue pirolizado usando un horno EDG (Marca Equipamentos e Controles, modelo Forno FT-HI) a 30 °C/min, en atmosfera inerte (N₂) hasta 600°C x 1 h.

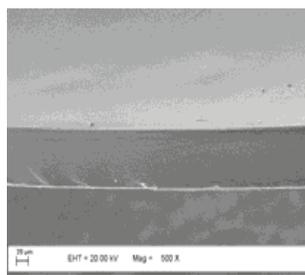
Formación de las películas. Las películas fueron elaboradas por el método “casting” a partir de una solución conteniendo 4% p/p (gelatina). Para solubilizar la gelatina (180 y 240 bloom), la suspensión fue calentada a 55°C por 15 min. Después fue adicionado el bagazo de caña de azúcar pirolizado (BCP) en diferentes concentraciones (0,8, 1,2 y 1,6 g de BCP/100 g de gelatina), seguido de homogenización utilizando un Dispensor Extratur (Quimis, Q256-58) por 2 min a 7000 rpm. El glicerol fue adicionado como plastificante (30 g de glicerol/100 g de gelatina). Las películas fueron secadas a 35°C x 12 horas, almacenadas durante 48 h a 25°C y 59 % de humedad relativa, previo a realizar las determinaciones de caracterización.

Caracterización de BCP. Fue determinada la composición elemental del BCP en función al contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre. La microestructura del BCP también fue analizada en un Microscopio Electrónico de Barrido marca ZEISS modelo EVO-50, a 20 kV.

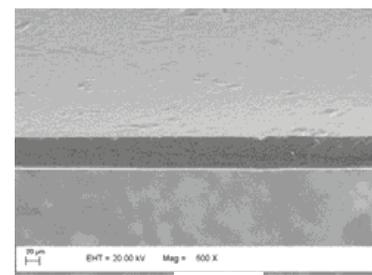
Caracterización de las películas. Las propiedades mecánicas en tracción, el contenido de humedad, la permeabilidad al vapor de agua fueron determinadas de acuerdo a las normas ASTM (1995), y el espesor de las películas, con un medidor electrónico Elcometer 350. Las microestructuras fueron examinadas en un microscopio electrónico de barrido ZEISS modelo EVO-50, a 20 kV.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Microestructuras del (a) BCP, y de las películas de gelatina de 180 (b) y 240 bloom adicionadas de BCP

Análisis Estadístico. Para evaluar las diferencias en las propiedades de las películas en función al tipo de gelatina y a la concentración de BCP fue realizado el test de Tukey a 95% de nivel de significancia ($p < 0,05$) utilizando el software Statistica 6,0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición del material extraído. El BCP presentó 77,9% de carbono y 3,3% de hidrógeno (3,3%). El contenido de nitrógeno y azufre no pudo ser determinado. La microestructura del BCP mostró una estructura fibrosa y partículas de diferentes tamaños (Figura 1a). El diámetro medio de las partículas fue 41,5 μm .

Caracterización de las películas. En la Tabla 1 se muestran los resultados de las propiedades mecánicas de tensión, elongación y módulo de Young obtenidos en el ensayo de rotura por tracción.

En las películas de gelatina de 180 bloom se observa un aumento de la tensión a la rotura cuando se aumenta la concentración de BCP, obteniéndose películas más resistentes. El módulo de Young también aumentó, pero la elongación disminuyó. En cambio para las películas de gelatina de 240 bloom fue observado un comportamiento diferente. Las películas fueron menos resistentes cuando la concentración de BCP aumentó. Sin embargo, la elongación también disminuyó con el aumento de la concentración de BCP en forma proporcional. Cuando comparamos los tipos de gelatina con la misma concentración de BCP podemos observar que cuando fue adicionado 0,8 y 1,2% de BCP, las películas de gelatina de 240 bloom fueron más resistentes a la rotura, más rígidos y menos elongables que las películas de 180 bloom. Una alta concentración de BCP ayudó a mejorar la resistencia mecánica de las películas de 180 bloom.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de las películas de gelatina adicionadas de BCP.

Gelatina	%BCP	Tensión (MPa)	Elongación (%)	Módulo de Young (MPa)
180 bloom	0,8	18,8 \pm 1,4bB	24,8 \pm 0,1aA	470,8 \pm 53,3bB
	1,2	19,3 \pm 1,3bB	13,1 \pm 2,1bA	521,8 \pm 31,2aB
	1,6	23,6 \pm 0,7aA	12,0 \pm 1,6bA	527,5 \pm 56,4aA
240 bloom	0,8	38,3 \pm 0,7aA	18,5 \pm 0,7aB	1431,2 \pm 40,2aA
	1,2	25,5 \pm 0,2bA	15,5 \pm 1,5bA	1030,4 \pm 26,8bA
	1,6	19,5 \pm 2,4cB	9,9 \pm 1,4cB	581,6 \pm 35,1cA

a, b: Indica diferencias entre las películas con diferente %BCP ($p < 0,05$).
A, B: indican diferencias significativa entre los tipos de gelatina para una misma %BCP. Espesor de las películas 0,090 \pm 0,05 mm

En la Tabla 2 podemos observar que no existe un efecto directamente proporcional de la concentración de BCP en la humedad de ambas películas. Sin embargo, mayor concentración de BCP provocó una mejora en la propiedad de barrera al vapor de agua de ambas películas. Al mismo tiempo también puede ser observado que las películas de 240 bloom fueron más permeables al vapor de agua que las películas de 180 bloom en la misma concentración de BCP.

Tabla 2. Humedad y permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas de gelatina adicionadas de BCP.

Gelatina	%BCP	Humedad (%)	PVA (g.mm.h-1.m-2.kPa)
180 bloom	0,8	3,1 \pm 1,2aA	0,597 \pm 0,08aA
	1,2	5,1 \pm 0,5aB	0,202 \pm 0,02bB
	1,6	4,5 \pm 1,2aA	0,276 \pm 0,05bB
240 bloom	0,8	4,1 \pm 0,1cA	0,418 \pm 0,09aA
	1,2	6,3 \pm 0,1aA	0,375 \pm 0,07cA
	1,6	5,5 \pm 0,5bA	0,400 \pm 0,05bA

a, b: Indica diferencias entre las películas con diferente %BCP ($p < 0,05$).
A, B: indican diferencias significativa entre los tipos de gelatina para una misma %BCP. Espesor de las películas 0,090 \pm 0,05 mm

En la Figura 1 puede ser observada que las películas de 240 bloom muestran una superficie menos lisa y con algunas evidencias del BCP adicionado, el cual parece no haber sido bien incorporado en la matriz de las películas. Esto explicaría la mayor permeabilidad al vapor de agua de estas películas.

CONCLUSIONES

Las propiedades mecánicas y la propiedad de barrera al vapor de agua de las películas variaron en función del tipo de gelatina y de la concentración de bagazo de caña de azúcar adicionado.

AGRADECIMIENTOS

A la FAPESP y a la CAPES por el financiamiento.

BIBLIOGRAFIA

- A.O.A.C, 1984. 12 Edition. Washington: Official methods of analysis.
AOAC, 1997. 16a Edition. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
ASTM, 1995. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, ASTM.
Erlich, C., E. Björnbom, D. Bolado, M. Giner and T.H. Fransson. 2006. Pyrolysis and gasification of pellets from sugar cane bagasse and wood. Fuel 85(10-11):1535-1540.
Priscilia, M.A., R.A. Carvalho, I.C.F. Moraes, C.G. Luciano, A.M.Q.B. Bittante and P.J.A Sobral. 2011. Development of films based on blends of gelatin and poly (vinyl alcohol) cross linked with glutaraldehyde. Food Hydrocolloids, 25 (7): 1751-1757.

Influencia del Tamaño de Partícula de Fibras de Fique Sobre la Resistencia Mecánica de Bioplásticos

Particle Size Influence of Fique Fibre on Bioplastics Mechanical Resistance

Diana Paola Navia P.^{1*}, Alfredo Adolfo Ayala A.², Héctor Samuel Villada C.³

¹ Docente Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura Cali. Cali, Colombia.

² Docente Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

³ Docente Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia

*Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: dpnavia@usbcali.edu.co

Resumen. Bioplásticos elaborados con harina de yuca gelatinizada (HG) y fibra de fique molida sin tamizar (FFST) y tamizada con tamaño de partícula entre 400 y 250 μm (FF40), y $\leq 250 \mu\text{m}$ (FF60), fueron sometidos a pruebas mecánicas de tensión y flexión. Las muestras fueron comparadas con poliestireno expandido (PS) y bioplásticos control elaborados con harina sin gelatinizar (HSG). Se utilizó la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) para evaluar la micro-estructura de los materiales. Se determinó que los bioplásticos elaborados con HG presentaron valores más altos de resistencia mecánica y asimismo favorecieron la plastificación del material. En general, el comportamiento mecánico de los bioplásticos fue superior al del PS.

Palabras clave: Flexión, tensión, harina, fibra.

Abstract. Bioplastics made with gelatinized flour cassava (HG) and fique fiber milled unsieved (FFST) and sieved with particle size between 400 μm and 250 μm (FF40), and $\leq 250 \mu\text{m}$ (FF60), were subjected to mechanical tension and flexion tests. The samples were compared with polystyrene (PS) and bioplastics made from flour ungelatinised (HSG). The technique of Scanning Electron Microscopy (SEM) was used to evaluate the microstructure of materials. It was determined that bioplastics made with HG had higher values of strength and also favored the material plasticization. In general, the mechanical behavior of the bioplastics was higher than the PS.

Keywords: Flexion, tension, flour, fiber.

INTRODUCCIÓN

Los recursos amiláceos se han convertido en materias primas promisorias para la producción de bioplásticos usados en diferentes campos de la industria, en razón a que los plásticos tradicionales son obtenidos con materias primas provenientes de fuentes fósiles poco amigables con el ambiente, principalmente por su limitada degradabilidad (Pelissari *et al.*, 2013). La harina de yuca, es una materia prima renovable, accesible y disponible, que por su contenido de almidón es factible de termoplastificarse para la producción

de bioplásticos; asimismo, las fibras naturales, pueden usarse como componentes reforzantes para el bioplástico conservando su característica de biodegradabilidad. En este estudio se evaluó el efecto del tamaño de fibra incorporada sobre la resistencia mecánica de bioplásticos elaborados con harina de yuca gelatinizada y sin gelatinizar, usando como patrón de comparación muestras de poliestireno expandido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de bioplásticos fueron comprimidas en un equipo neumático de Moldeo por Termo-Compresión (Plasmega®) durante 5 min a 180°C y 20 PSI. Se utilizó harina de yuca gelatinizada (HG) de la variedad de yuca CM 4574-7, glicerol (Sigma-Aldrich®) con adición de fibra de fique molida sin tamizar FFST, y fibra de fique tamizada retenida entre 400 y 250 μm (FF40), y tamizada retenida $\leq 250 \mu\text{m}$ (FF60). Los bioplásticos fueron comparados con muestras control elaboradas con con harina sin gelatinizar (HSG) y fibra de fique (FF60) y con muestras de poliestireno expandido (PS) como patrón de comparación. Los tratamientos fueron sometidas a pruebas de tensión y flexión en un equipo universal de ensayos (Shimadzu, EZ, Japón) con una celda de carga de 500N para evaluar el esfuerzo de fractura de tensión (σ_T) y módulo elástico de tensión (ET) según norma ASTM D638, y el esfuerzo de fractura de flexión (σ_F) y modulo elástico de flexión (EF) según norma ASTM D790. Se utilizó la técnica Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) para capturar imágenes de los bioplásticos objeto de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, las muestras del tratamiento FF60 mostraron significativamente ($p < 0,05$) mayor resistencia en la prueba de flexión con σ_F (5,13 MPa) y EF (561,3 MPa) y en la prueba de tensión con σ_T (2,56 MPa) y ET (452,7 MPa), frente a las muestras FFST y FF40. Este comportamiento puede ser atribuido a la variación de la relación de aspecto "L/D" de las

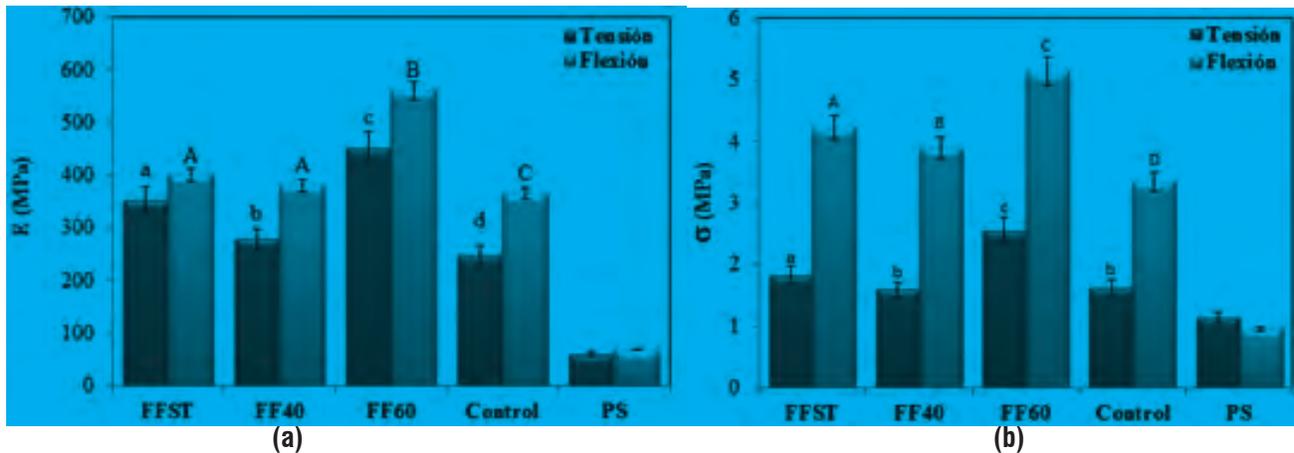


Figura 1a. Modulo Elástico de flexión y tensión de bioplásticos **1b.** Esfuerzo de fractura a tensión y flexión de bioplásticos. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

fibras ("L" = longitud de la fibra y "D" = diámetro) durante el proceso de tamizaje, la cual aumenta los valores de "L/D" por la disminución en el diámetro de la fibra con la reducción de la abertura de malla del tamiz; siendo el tratamiento FF60 el de menor abertura en la malla. Cuanto más alta es la relación "L/D", mayor es la capacidad de refuerzo reforzante de la fibra en la matriz termoplástica (Soroudi y Jakubowicz, 2013). Puede notarse que las muestras de PS presentaron los valores de resistencia mecánica más bajos, debido posiblemente al aire contenido en la estructura interna del PS, el cual no favorece la resistencia mecánica del material. De acuerdo a este resultado, el empleo del biomaterial podría favorecer aplicaciones industriales en los diversos empaques alimentarios.

Con respecto a las muestras control FF60, el σ_T fue significativamente diferente de los tratamientos ($p < 0,05$), excepto el FF40 ($p > 0,05$); no obstante, para el σ_F , ET y EF, los resultados fueron significativamente diferentes con todos los tratamientos ($p < 0,05$), presentando los valores más bajos de resistencia mecánica frente a las muestras elaboradas con HG. Esta disminución es un indicativo de que el proceso de gelatinización de la harina de yuca favorece la adherencia entre las fibras y la matriz termoplástica y consecuentemente la resistencia mecánica del material.

La compatibilidad entre materiales amiláceos reforzados con fibras naturales también se ha reportado por otros autores (Saiah *et al.*, 2009). Este fenómeno se observa en las micrografías de

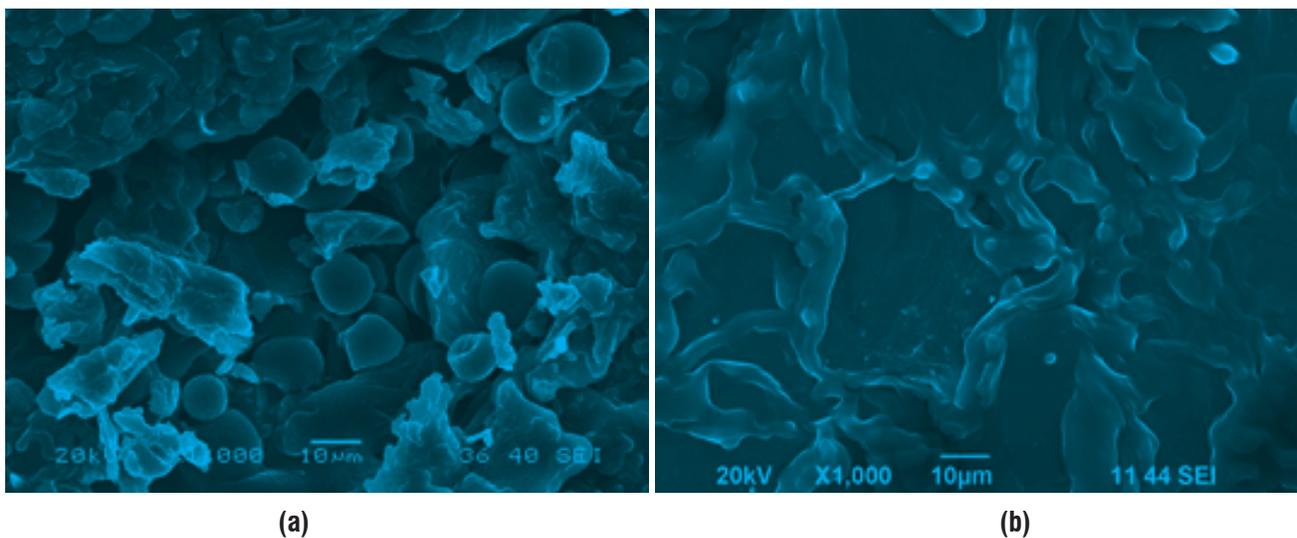


Figura 2. Micrografías MEB corte transversal de bioplásticos control con HSG (a) y bioplásticos con HG (b).

los bioplásticos (Figura 2) obtenidas con MEB, en las cuales se ilustra la matriz con deficiencia en la plastificación (Figura 2a) y la matriz con alta plastificación (Figura 2b). Esta diferencia, es debida principalmente a las características de la plastificación en el proceso de moldeo por termo-compresión utilizado para elaborar los bioplásticos, cuya duración es baja y carece de cizalla, por lo que al emplear HSG, permanecen gránulos de almidón sin plastificar en la matriz, y se evidencian poros y espacios vacíos que contribuyen a la disminución de la adherencia entre los componentes, perjudicando su comportamiento mecánico (Janssen y Moscicki, 2010). No obstante, si la harina es previamente gelatinizada, la plastificación con la técnica de termo-compresión es más eficiente para la matriz, favoreciendo la homogeneidad en la microestructura (Figura 2b).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco de un proyecto financiado por la Universidad San Buenaventura, la Universidad del Cauca y la Universidad del Valle.

CONCLUSIONES

El proceso de gelatinización de la harina de yuca favorece la plastificación de la matriz termoplástica y su resistencia

mecánica. Los bioplásticos elaborados con fibras tamizadas con tamaño de partícula inferior a $250 \mu\text{m}$ presentaron los valores más altos en las propiedades de tensión y flexión. Todos los bioplásticos evaluados mostraron valores superiores al PS como patrón de comparación.

BIBLIOGRAFÍA

- Janssen, L. and L. Moscicki. 2010. Thermoplastic starch. First edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany. 242p.
- Pelissari, F., M. Andrade, P. Do Amaral and F. Menegalli. 2013. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids* 30(2): 681-690.
- Saiah, R., P. Sreekumar, P. Gopalakrishnan, N. Leblanc, R. Gattin and J. Saiter. 2009. Fabrication and Characterization of 100% Green Composite: Thermoplastic Based on Wheat Flour reinforced by Flax Fibers. *Polymer Composites* 30(11): 1595-1600.
- Soroudi, A. and I. Jakubowicz. 2013. Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review. *European Polymer Journal* 49(10): 2839-2858.

Aplicación de la Espectroscopia Eléctrica en Muestras para el Control del Salado de Lomo de Bovino

Electric Spectroscopy Application on Samples for Salted Beef Loin Control

Olga Lucía Torres Vargas¹; Jhon Jairo Prías Barragán²; Alejandro Flórez Marín³

¹ Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia
oltorres@uniquindio.edu.co

² Profesor Asociado. Laboratorio de Optoelectrónica, Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia.
jjprias@uniquindio.edu.co

³ Ingeniero de Alimentos, Grupo de Investigación en Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío raflorezm@uqvirtual.edu.co

Resumen. Una de las mayores dificultades de la industria de productos cárnicos, es el control de los procesos de salado, debido al flujo simultáneo entre el agua y la sal. Por lo tanto, en este trabajo se presentan mediciones de la permitividad dieléctrica (ϵ') y la conductividad eléctrica (σ) en muestras de lomo de bovino, para identificar parámetros en el control del salado. Las mediciones de ϵ' y σ (S/m). se realizaron en un equipo electrónico automatizado de placas planas, empleando la carne salada como dieléctrico y en configuración perpendicular a las fibras. Del análisis de resultados, se encontró que a medida que se incrementa el

salado, la ϵ' presenta leves cambios alrededor de un mismo valor, mientras que la σ (S/m). se incrementa; Se sugiere que la medición de σ en muestras de lomo de bovino, podría utilizarse para controlar los procedimientos de salado y el contenido de cloruros en la industria de productos cárnicos.

Palabras clave: permitividad dieléctrica, conductividad eléctrica, carne de bovino

Abstract. One of the greatest difficulties of the meat products industry is the control of the salted processes due to the simultaneous flow between the water and salt. Therefore,

in this study measurements permittivity (ϵ') and electrical conductivity (σ) in beef loin samples to identify parameters in the control of salt present. Measurements of ϵ and σ (s/m) were performed in an automated electronic equipment of flat plates, using as dielectric salted meat and configuration perpendicular to the fibers. From the analysis of results, it was found that as the salt increases, the ϵ presents slight changes around the same value, while σ (s/m) increases. It is suggested that the measurement of σ in beef loin samples could be used to control salted procedures and chloride content in the meat products industry.

Key words: dielectric permittivity, electrical conductivity, beef

INTRODUCCIÓN

Las propiedades dieléctricas (PD) de los alimentos dependen de su composición. La constante dieléctrica (ϵ') está afectada por la presencia de agua libre y agua ligada, las cargas superficiales, electrolitos, no electrolitos, así como por los puentes de hidrógeno presentes en el alimento (Nelson y Datta, 2001). Los cambios físicos sufridos en el alimento durante su procesamiento, desnaturalización de proteínas, así como los cambios bioquímicos, afectan a las PD de manera significativa. Por lo tanto, la espectroscopia dieléctrica es utilizada para el control de calidad de los alimentos y procesos (Miura *et al.*, 2003). Una de las mayores dificultades de la industria de productos cárnicos, es el control de los procesos de salado, debido al flujo simultáneo entre el agua y la sal. Por lo tanto, en este trabajo se presenta el estudio de ϵ' , σ (s/m) y Z^{NaCl} , en el régimen a-dispersión, como herramienta para identificar parámetros en el control del salado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias Primas. Los experimentos se realizaron con carne de bovino (*Longissimus dorsi*) recogidos a 1,5 días después de sacrificio. Se utilizaron 15 lomos, provenientes del ganado de razas cebuínas.

Salado. El salado se realizó mediante la inmersión de cubos de 2x2x2 cm³ de carne y 20 gramos de peso en salmueras de concentraciones del 5, 15 y 25% en peso (g/g). Para su preparación se empleó agua destilada y sal común grado alimentario. Los tiempos de salado variaron entre 0-8 horas, manteniéndose el sistema (carne-salmuera) en temperatura de refrigeración 4° C.

Medida de las propiedades dieléctricas. Las medidas de ϵ' y σ (s/m) se realizarán en un sistema de instrumentación de medida de PD de la carne, éstas fueron realizadas de manera

no invasiva, a temperatura ambiente, y un rango de frecuencias de 10 Hz a 500 KHz. El sistema de medida emplea tecnología basada en el efecto capacitivo de dos placas paralelas, su funcionamiento es atribuido a los efectos de polarización eléctrica de la carne, cuando es sometida a un campo eléctrico periódico. Las muestras de carne se ubican como dieléctrico entre dos placas paralelas de un capacitor eléctrico, conectado en serie a una resistencia eléctrica, formando una red RC. Las medidas de ϵ' y σ (s/m) se tomarán inicialmente cada 15 min de salado hasta 2 horas de salado, continuando con intervalos de 2 horas hasta completar un tiempo total de 8 horas de salado.

Determinaciones analíticas. El contenido de humedad x^w (g/g) y x^{NaCl} (g/g) fueron determinados utilizando los métodos de análisis de AOAC (1997). Para el cálculo de la concentración de sal de la fase líquida se empleó la ecuación

$$Z^{NaCl} = \frac{x^{NaCl}}{x^{NaCl} + x^w} \quad (1)$$

Análisis estadístico. El contenido de x^w (g/g), x^{NaCl} , Z^{NaCl} , la concentración de salmueras 5, 15 y 25% y los tiempos de salado (tsalado) evaluados se analizaron mediante un análisis de regresión multivariado utilizando el paquete estadístico Statgraphic ® Plus, Centurion.15.2.12 XV (Numagistics Ltda).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 (a y b) muestra el efecto del (tsalado) y x^w g/g, sobre ϵ' de la carne de bovino. Se observa como la adición o sustitución de agua por sal en vía húmeda produce una disminución en ϵ' de la carne; siendo mayor en las muestras que fueron saladas durante 8h y con salmueras del 25%. A medida que aumenta la concentración de NaCl en las muestras de carne, la parte del espectro que está relacionada con la orientación de las moléculas de agua ϵ' disminuye, ya que hay menos cantidad de agua por unidad de volumen disponible para el almacenamiento de energía, generando cambios en el punto isoeléctrico de las proteínas, disminución de pH, e incrementos en la capacidad de retención de agua (Castro-Giráldez *et al.*, 2010) como se observa en la Figura (b). A medida que aumenta la concentración de NaCl en la carne, la parte del espectro que está relacionada con la orientación de las moléculas de agua ϵ' disminuye, pero al mismo tiempo, a medida que aumenta la concentración de iones, crece también la componente de polarización espacial de cargas, aumentando la σ (s/m).

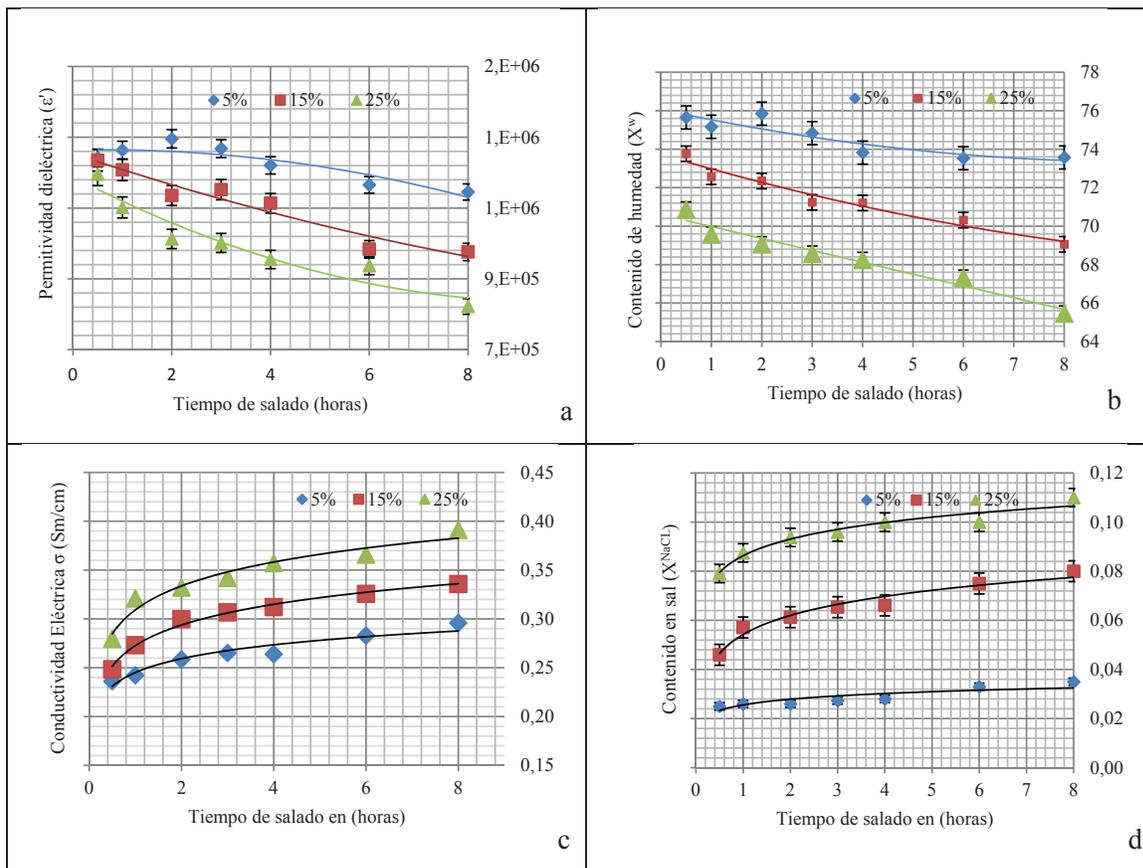


Figura 1. Permittividad dieléctricas (ϵ'), conductividad eléctrica (σ), contenido de humedad x_w (g/g) y x_{NaCl} (g/g), en carne salada de bovino frente al tiempo de salado.

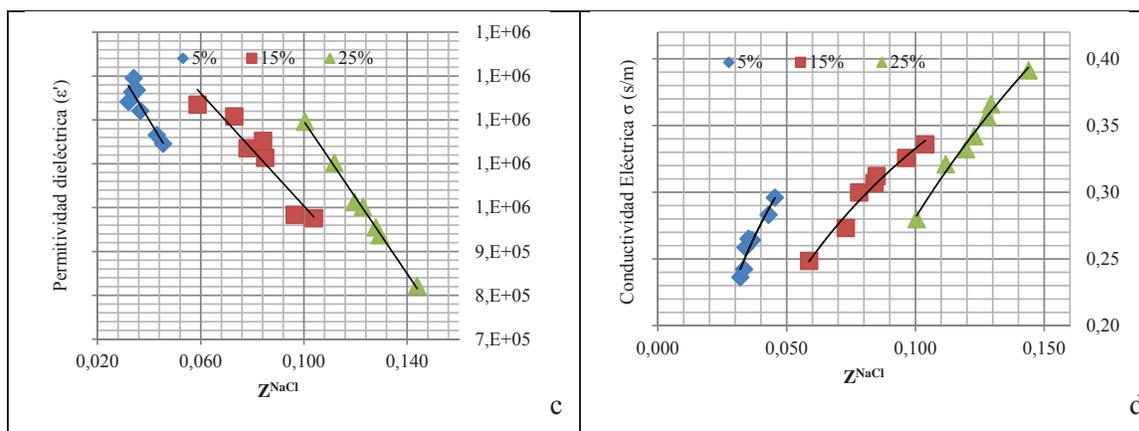


Figura 2. Permittividad dieléctricas (ϵ), conductividad eléctrica (σ) frente a z_{NaCl} en carne salada de bovino.

La evolución de σ (s/m) y xNaCl en muestras de carne saladas frente al tiempo se puede observar en la figura (c y d). Durante las primeras horas de salado se presenta un aumento rápido en los valores de σ (s/m) en la carne, hasta aproximadamente las 4 horas de salado, tiempo durante el cual la sal comienza a llegar al centro de carne procedente de la superficie de las muestras y se inicia una estabilización con el contenido de xNaCl en las muestras. El análisis estadístico indica que los resultados se ajustan un modelo de regresión lineal múltiple con ($p < 0,05$) y un nivel de confianza del 95%, que describe la relación entre ϵ' y las variables x_w y tiempo de salado, los valores obtenidos para σ (s/m) se ajustan un modelo de regresión lineal múltiple con $p < 0,05$ y un nivel de confianza del 95,0%. El valor de ZNaCl, se estimó considerando que toda la sal de las muestras de carne estaba disuelta en la fase líquida de la mismas. La Figura 2 (a y b) muestra el comportamiento de ϵ' y σ frente al ZNaCl, se observa como la adición de sal produce una disminución en ϵ' que puede ser atribuida a la disminución del contenido de x_w y a la desnaturalización de las proteínas de la carne, provocando que los gradientes de presión sean menores y por lo tanto disminuyan el intercambio de fluidos (agua-sal). Los valores de σ (s/m) aumentan con el aumento de ZNaCl, debido al aumento de iones en las salmueras.

CONCLUSIONES

Los valores de ϵ' y σ (s/m) obtenidos mediante el uso de un sistema de instrumentación de medida de PD de la carne, permitieron analizar las interacciones existentes entre las moléculas de agua de la carne y los iones del cloruro de sodio (Na^+ Cl^-) presentes en las salmueras. Estos resultados generan una nueva alternativa para la industria cárnica, aplicable en el control del proceso de salado, debido a la comodidad y facilidad de obtención de las medidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro-Giráldez M., P.J. Fito and P. Fito. 2010. Application of microwaves dielectric spectroscopy for controlling pork meat (*Longissimus dorsi*) salting process. *Journal of Food Engineering* 97 (1): 484–490
- Miura, N., S. Yagihara and S. Mashimo. 2003. Microwave dielectric properties of solid and liquid foods investigated by time-domain reflectometry. *Journal of Food Science* 68 (4): 1396–1403.
- Nelson, S. O. and A.K. Datta. 2001. Dielectric properties of Food Materials and Electric Field Interactions. In Datta A.K. and R. C.
- Anantheswaran R.C. Handbook of Microwave Technology for Food Applications. New York: Marcel Dekker. 69–114.

Influencia del Pretratamiento Osmótico y Temperatura de Liofilización Sobre la Estabilidad Amorfa de Pitahaya Amarilla

Osmotic Pretreatment and Freeze-Drying Temperature Influence on Amorphous Stability of Yellow Pitahaya

Carlos Julian Giraldo Cuartas¹; Alfredo Ayala Aponte² y Liliana Serna Cock³

1 Candidato a Ph.D. Universidad del Valle. Escuela Ingeniería de alimentos. carlos.julian.giraldo@correounivalle.edu.co

2 Profesor asociado. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co.

3 Profesora asociada. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ingeniería y administración. lserna@unal.edu.co.

Resumen. Se evaluó la influencia de la aplicación del pretratamiento osmótico (PO) y la temperatura de liofilización (TL) sobre algunas propiedades de estabilidad amorfa y color en términos de claridad (L^*) en rodajas de pitahaya amarilla (*Selenicereus Megalanthus*). La osmodeshidratación (OD) se realizó a 28°C y 55°Brix. Las muestras liofilizadas (LI) y osmoliofilizadas (OL) se sublimaron a 5 Pa y se secaron a 25 y 40°C. Se evidenció que el PO no influyó significativamente ($p=0,701$) sobre la temperatura de transición vítrea (T_g), mientras que la TL sí fue significativo ($p=0,008$). El PO mostró significativamente ($p=0,025$) mayor valor de a_w y menores

valores de L^* (ligero pardeamiento). Estos resultados pueden ser útiles para determinar la temperatura de almacenamiento adecuada de pitahaya deshidratada (en estado amorfo).

Palabras clave: Osmosis, osmoliofilización, transición vítrea.

Abstract. In sliced of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), the effects of osmotic pretreatment (PO), and freeze-drying temperature (TL) on some properties of amorphous stability, and color (L^*) were evaluated. Osmotic dehydration (OD) was performed at 28°C and 55°Brix. The

freeze-drying samples (LI) and osmo-freeze drying (OL) at 5 Pa were sublimed and 25 and 40°C were dried. PO not influenced significantly ($p=0,701$) on the glass transition temperature (T_g), while TL, was statistically significant ($p=0,008$). PO showed higher a_w and lower L^* (light browning), the differences were statistically significant ($p=0,025$). These results may be useful to determine the proper storage temperature of pitahaya dehydrated (in amorphous state).

Keywords: osmosis, osmo-freeze drying, glass transition.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es un fruto exótico con propiedades biofuncionales. La OD es un proceso que no implica cambio de fase, en el cual el alimento gana solutos y pierde agua simultáneamente pero con incidencia a la baja estabilidad por su alta a_w (Giraldo-Cuartas *et al.*, 2012). La LI incluye dos cambios de fase, congelación y sublimación previo al secado final; el bajo contenido de humedad y a_w en el producto son características de condiciones amorfas (Khalloufi y Ratti, 2003). En la combinación de las técnicas OD y LI, denominada osmoliofilización, se consideran los efectos crioprotector y cristoestabilizador en el producto (Ayala *et al.*, 2010; Sosa *et al.*, 2010). Según el tipo de soluto utilizado, este puede tener un efecto plastificante o antiplastificante, modificando drásticamente la T_g y/o favorecer algunos mecanismos de interacción entre los componentes (Roos, 2010). El objetivo de este trabajo fue determinar si existen diferencias en T_g , a_w y L^* por el efecto del PO y la TL en pitahaya amarilla.

MATERIALES Y METODOS

Pitahayas amarillas (*Selenicereus Megalanthus*) en estado de madurez 4, se pelaron y cortaron en rodajas de 40 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Para la OD se empleó una solución de sacarosa a 55°Brix con agitación a 28°C, en una relación fruta: solución de 1:20 por 1 hora a 90 kPa (Giraldo-Cuartas *et al.*, 2012). Las muestras LI y OL se congelaron a -35°C y posteriormente se liofilizaron en un equipo de bandejas (Labcomco®), durante 15 h a 5 Pa. La TL final de las muestras se evaluaron en dos niveles, 25 y 40°C (Ayala *et al.*, 2010). A las muestras LI y OL se les determinó la T_g , a_w y la L^* ; la T_g se determinó con un DSC (Mettler, Suiza) encapsulando la muestra en capsulas de aluminio de 40 μ L y enfriándolas desde 25 hasta -80°C a 10°C/min., y posteriormente calentando hasta 80°C a 10°C/min. (Khalloufi y Ratti, 2003; Roos, 2010); la a_w se midió con un Decagon (CX-1, USA) y L^* con un espectrocolorímetro (Minolta, USA). El ANOVA sobre T_g , a_w , L^* se evaluaron a través de un diseño 2² con 3 replicas ($p<0,05$), con el uso MINITAB® v.14.

RESULTADOS Y ANALISIS

La figura 1, muestra un termograma típico para la determinación de los T_g de muestras de pitahaya en los distintos tratamientos, notándose que el T_g se obtiene de un pequeño salto de la curva del endotermo. La tabla 1, muestra los cambios de T_g , a_w y L^* de cada tratamiento. Se observa en todos los tratamientos que las muestras de pitahaya (amorfas) presentan valores bajos de T_g con respecto a otras frutas secas. Resultados similares obtuvieron Liaotrakoom *et al.* (2012) en pitahaya roja de pulpa blanca LI y Sosa *et al.* (2010) en manzana OL. Esta baja T_g fue influenciada por el alto contenido de fructosa en la matriz de la fruta, que en estado anhidro su $T_g=5^\circ\text{C}$ (Liaotrakoom *et al.*, 2012) y a la inserción de solutos por la DO incrementando la cantidad de agua no congelable en las muestras (Roos, 2010), condiciones que favorecen el efecto plastificante del agua remanente sobre T_g (Khalloufi y Ratti, 2003; Sosa *et al.*, 2010). La TL influyó significativamente ($p=0,008$) en T_g en ambos tipos de proceso (OL y LI), mostrando que al aumentar la TL en un mismo tipo de proceso se incrementa la T_g . Esto es debido al aumento de la movilidad molecular del agua causado por el incremento de TL, favoreciendo su difusión hacia el exterior, disminuyendo la fracción del componente plastificante (agua) y así aumentando la T_g (Khalloufi y Ratti, 2003). De acuerdo a estos resultados, las muestras OL no presentaron valores superiores de T_g con respecto a muestras LI.

Con respecto a la a_w , se observó en todos los tratamientos valores inferiores a 0,249, que son típicos de alimentos amorfos

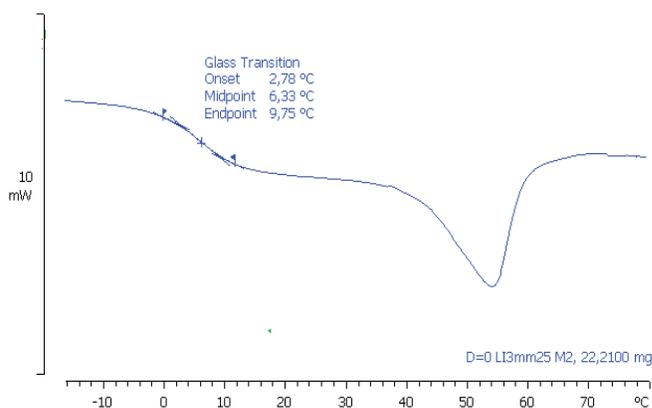


Figura 1. Termograma de Pitahaya LI a 25°C.

Tabla 1. Propiedades físicas determinadas en cada tratamiento.

Proc.	TL[oC]	Tg [oC]	aw [-]	L* [-]
OL	25	5.60±1.15	0.249±0.009	72.875±3.216
LI	25	7.85±0.76	0.159±0.031	84.612±1.467
OL	40	9.79±1.23	0.239±0.037	75.806±4.341
LI	40	10.25±1.55	0.219±0.028	86.490±3.143

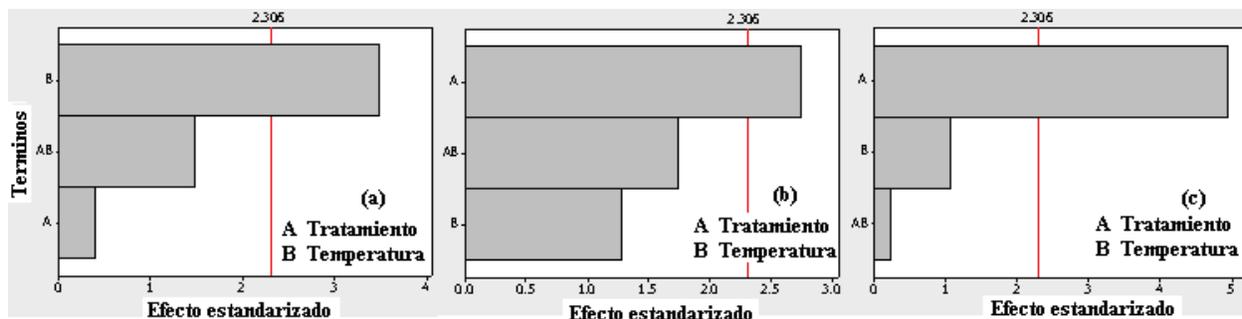


Figura 2. Paretos de efectos principales estandarizados para (a) Tg, (b) aw y (c) L* (La línea de referencia de color rojo corresponde a un $\alpha=0,05$).

(Khalloufi y Ratti, 2003; Roos, 2010). El ANOVA indicó que el tipo de proceso influyó significativamente ($p=0.025$) sobre la a_w . Para la misma TL, valores altos de a_w en las muestra OL se debe posiblemente a la cristalización de la sacarosa, dificultando la salida del agua durante el secado (Flink, 1983). La claridad (L^*) evidenció que las muestras OL mostraron una disminución significativa ($p=0.001$) respecto a los LF, lo que indica que el PO provocó un ligero oscurecimiento a las muestras, sin embargo las muestras presentaron un nivel de claridad alto. Este resultado puede estar asociado a la posible degradación térmica de los azúcares presentes (caramelización) y posterior pardeamiento no enzimático inducido por la a_w residual y al aumento de TL (Flink, 1983). La figura 2 presenta los gráficos de pareto de los efectos principales estandarizados sobre las variables de respuesta, corroborando los resultados anteriores.

CONCLUSIONES

Se evidenció que las condiciones de los proceso OL y LI garantizan características de estabilidad física en muestras de pitahaya amarilla. Sin embargo, la aplicación del PO en la fruta no presentó mejores condiciones de estabilidad amorfa respecto a las muestras LF. Estos resultados pueden ser útiles para determinar la temperatura de almacenamiento adecuada de pitahaya deshidratada, recomendando almacenar a $T_g+10^\circ\text{C}$.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala A.A., L. Serna y E.S. Mosquera. 2010. Liofilización de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Vitae-Revista de La Facultad de Química Farmaceutica* 17(2): 121–127.
- Flink, J. M. 1983. Nonenzymatic Browning of Freeze-Dried Sucrose. *Journal of Food Science* 48(2): 539–542.
- Giraldo-Cuartas, C.J., A. Ayala-Aponte y L. Serna Cock. 2012. Influencia de la aplicación de pulsos de vacío sobre la cinética de deshidratación osmótica de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Vitae-Revista de La Facultad de Química Farmaceutica* 19(Supl. 1), 69–71.
- Khalloufi, S. and C. Ratti. 2003. Quality deterioration of freeze-dried foods as explained by their glass transition temperature and internal structure. *Journal of Food Science* 68(3): 892–903.
- Liaotrakoom, W., N. De Clercq., B. Lewille and K. Dewettinck. 2012. Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus* spp.) as affected by freeze-drying. *International Food Research Journal* 19(2): 743–750.
- Roos, Y.H. 2010. Glass transition temperature and its relevance in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology* 1:469–496.
- Sosa, N., D.M. Salvatori and C. Schebor. 2010. Physico-Chemical and Mechanical Properties of Apple Disks Subjected to Osmotic Dehydration and Different Drying Methods. *Food and Bioprocess Technology* 5(5): 1790–1802.

Caracterización Físicoquímica del Aislado Proteico de Arenca (*Triportheus magdalenae*)

Physicochemical Characterization of Arenca (Triportheus magdalenae) Protein Isolated

F. Barrios¹; S.E: Quintana² y L.A Garcia-Zapateiro³

1 Joven investigador. Universidad de Cartagena. Ingeniera de Alimentos. Integrante de grupo de Investigación en Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos. AUTOR < freiry_barrios@hotmail.com >

2 Ingeniera de Alimentos Universidad de Cartagena. Integrante de grupo de Investigación en Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos.CO-AUTOR squintana15@gmail.com

3 Ingeniero de Alimentos. MSc, PhD. Director grupo de Investigación en Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos. Departamento de Operaciones Unitarias. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena. 130015. Cartagena de Indias. Colombia. DIRECTOR. lgarciaz@unicartagena.edu.co

Resumen. Este trabajo reporta la obtención del aislado proteico a partir de Arenca (*Triportheus magdalenae*) a través de la solubilización isoelectrica. Para esto se ha caracterizado fisicoquímica y bromatológicamente la Arenca (*Triportheus magdalenae*), mostrando valores de $68,74 \pm 2,74$ de humedad, $17,85 \pm 0,12$ de proteína, $12,46 \pm 3,2$ de grasa y $1,20 \pm 0,10$ de cenizas expresado como porcentaje en base húmeda. La extracción del aislado a pH de $3,45 \pm 0,05$, permitió obtener un producto final recuperando de $83,93 \pm 0,14$ de las proteínas, con un buen porcentaje de grasa y cenizas de $0,057 \pm 3,37$ y $0,16 \pm 1,16$ en base húmeda, respectivamente. Presentando características fisicoquímicas que lo hacen atractivo para la aplicación en productos alimenticios como pueden ser salsas para ensaladas, mayonesas, pastas para untar, aderezos entre otros productos.

Palabras clave: proteína de pescado, solubilización, extracción proteica, punto isoelectrico.

Abstract. This work report the obtaining of protein isolated form Arenca (*Triportheus magdalenae*) by isoelectric solubilization. For this a physicochemical and bromatological characterization of Arenca (*Triportheus magdalenae*) was done, showing at 68.74 ± 2.74 of moisture, 17.85 ± 0.12 of protein, 12.46 ± 3.2 of fat and 1.20 ± 0.10 of ash expressed by wet basis. Isolated extraction pH of 3.45 ± 0.05 , allowed obtaining a final product with a good percentage of fat and ash of 0.057 ± 3.37 and 0.16 ± 1.16 respectively, recovering from 83.93 ± 0.14 of protein. Presenting physicochemical characteristics that make it attractive for use in food products such as salads dressings, mayonnaise, spreads, dressings and other products.

Key Words: Fish protein, solubilization, protein extraction, isoelectric point.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas son macromoléculas que contienen carbono, nitrógeno, oxígeno y, casi todas, azufre. En algunas se ha encontrado fósforo, hierro, zinc y cobre (Robinson, 1991). A nivel mundial, el pescado proporciona 15% de la ingesta dietética total de proteína animal para 4,3 mil millones de personas. En 2010, el consumo mundial de pescado fue de 18,6 kg per cápita (FAO, 2012). Una disminución mundial de las poblaciones de peces marinos se ha convertido en un tema muy discutido y publicitado. Estos descensos, junto con el aumento de la población humana hacen necesaria una elaboración de estrategias de procesamiento para maximizar la recuperación de las proteínas del músculo en su nivel funcional y nutritivo. Las proteínas recuperadas se utilizarían posteriormente en productos con valor añadido destinados al consumo humano (Tahergorabi *et al.*, 2012). Recientemente, se ha utilizado la precipitación y solubilización isoelectrica (ISP) para recuperar proteína muscular a partir de la carne de subproductos de pollo (Tahergorabi *et al.*, 2013). Dicho procedimiento permite un alto rendimiento y recuperación de proteína (Taskaya *et al.*, 2009). El aislado proteico recuperado mantiene sus propiedades funcionales y el valor nutricional (Gigliotti *et al.*, 2008). Por lo tanto, se propuso obtener y caracterizar aislados proteicos a partir de Arenca (*Triportheus magdalenae*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Arenca (*Triportheus magdalenae*) (peso promedio 95-120g) fue obtenida en la Ciénaga de Marialabaja en el departamento de Bolívar. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados por triplicado determinando pH, humedad, extracto etéreo y proteína cruda de Arenca (*Triportheus magdalenae*), usando los procedimientos descritos por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC International, 1998). Los valores fueron expresados en porcentajes de base húmeda \pm S.D.

Tabla 1. Composición química de la Arenca (*Triportheus magdalenae*).

	Humedad	Proteína (Nx6.25)	Grasa	Ceniza
Arenca (<i>Triportheus magdalenae</i>)	60,74 ± 2,7	17,85 ± 0,12	12,46 ± 3,2	1,20 ± 0,10
Sardinaa (<i>Sardinella aurita</i>)	72,53	20,6	3,999	1,53

^aDelgado-Bottini, 2011.

Tabla 2. Composición proximal del aislado proteico de Arenca (*Triportheus magdalenae*)

	Humedad	Proteína* (Nx6,25)	Grasa*	Ceniza*
Aislado proteico de Arenca (<i>Triportheus magdalenae</i>)	92,36 ± 2,58	13,43 ± 5,86	0,053 ± 3,37	0,16 ± 1,15
Aislado de pescadob	77,2	16,7	1,3	4,8

*Porcentajes expresados en base húmeda. ^bFigueroa y Sánchez, 1997.

Los aislados proteicos fueron preparados por extracción alcalina de las proteínas solubles y precipitación isoeléctrica. Las muestras fueron homogenizadas con ácido acético 0,001M (1:9) ajustando a pH 3, con un pH meter HANNA HI 9126, la disolución fue centrifugada (modelo JOHAN B3ay11) a 4000rpm/10 minutos (Ruiz-Márquez *et al.*, 2010) posteriormente el sobrenadante fue guardado a 4°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de Arenca (*Triportheus magdalenae*), se muestra en la tabla 1, comparando los resultados con otras especies de pescado.

A partir de la Arenca (*Triportheus magdalenae*), se obtuvo un aislado con un contenido proteico en peso medio del 2.15% ± 0,16, recuperando un 83,93 ± 0,14 de proteínas contenidas. En la Tabla 2 se presentan los valores promedios de humedad, proteína, extracto etéreo y ceniza del aislado, presentando una mínima cantidad de grasa y ceniza.

Para la extracción se solubilizaron las proteínas a un pH de 3,45 ± 0,05 caracterizándose por un aumento de la viscosidad de la mezcla de pescado y ácido acético hasta cuando se llegó al pH determinado; tras la centrifugación se observaron cuatro fases diferenciadas, la primera contenía lípidos, la segunda mayor contenido de proteína y las dos inferiores una masa blanda que contenía restos de piel espina y músculos.

CONCLUSIÓN

La Arenca (*Triportheus magdalena*) es una importante fuente de proteína, característica que la ubica como una materia prima adecuada para la obtención de aislado proteico. Debido que en la caracterización bromatológica mostro alto contenido de

proteína y grasa los cuales fueron 17,85±0,12 y 12,46±3,2 respectivamente, representando una buena fuente de proteína y una alternativa para el aprovechamiento de productos en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. 1998. Official methods of analysis of AOAC International. 16th edition. 4th revision. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
- Delgado-Bottini, A., J. Valls-Puig and A. Gonzales-Cantillo. 2001. Evaluación física y química de la sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. Revista científica. 10(1): 22-29.
- FAO. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. Rome.
- Figueroa V. y M. Sánchez. 1997. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en alimentación animal. Roma: FAO.
- Gigliotti, J.C., J. Jaczynski and J.C. Tou. 2008. Determination of the nutritional value, protein quality and safety of krill protein concentrate isolated using an isoelectric solubilization/precipitation technique. Food Chemistry. 111(1): 209–214.
- Robinson, D. Bioquímica. Valor Nutritivo de los Alimentos. España. Editorial Acribia. 1991.
- Tahergorabi, R., S. Beamer, K. Matak and J. Jaczynski. 2011. Effect of isoelectric solubilisation/precipitation and titanium dioxide on whitening and texture of proteins recovered from dark chicken-meat processing by-products. Food Science and Technology. 44(4): 896–903.
- Ruiz-Márquez, D., P. Partal, J.M. Franco y C. Gallego. 2010. Emulsiones alimentarias aceite-en-agua estabilizadas con proteínas de atún. Grasas y Aceites. 61(4): 352-360.
- Tahergorabi, R., S. Beamer, K. Matak and J. Jaczynski. 2013. Chemical properties of ω 3 fortified gels made of protein isolate recovered with isoelectric solubilisation/precipitation from whole fish. Food Chemistry. 139(1): 777–785.
- Taskaya, L., Y.C. Chen, and J. Jaczynski. 2009. Functional properties of proteins recovered from whole gutted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by isoelectric solubilization/

Films Compuestos de Almidón-PVA: Hacia una Nueva Generación de Materiales de Envases Biodegradables

Starch-PVA Composite Films: Towards a New Generation of Biodegradable Packaging Materials

Amalia I. Cano,^{*(1)} Maite Cháfer⁽²⁾, Amparo Chiralt⁽³⁾, Chelo González-Martínez⁽⁴⁾

(1) Estudiante de doctorado. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 48022 Valencia, España. amcaem@upvnet.upv.es

(2) Doctora y Profesora Titular de Universidad. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 48022 Valencia, España. mtchafer@tal.upv.es

(3) Doctora y Catedrática de Universidad. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 48022 Valencia, España. dchiralt@tal.upv.es

(4) Doctora y Catedrática de Universidad. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 48022 Valencia, España. cgonza@tal.upv.es

Resumen. En el presente trabajo, se estudió la efectividad del uso de dos polímeros, almidón de guisante y polyvinyl alcohol (PVA), para desarrollar materiales de envasado biodegradables. Para ello, se analizaron las propiedades microestructurales y físicas de films de almidón puro (PS), films de PVA y films compuestos (PS:PVA), almacenados durante una y cinco semanas (25°C-53%HR). Los mejores propiedades mecánicas ($p < 0.05$) y barrera debido a la incorporación del PVA. Tras el almacenamiento, los films de PS fueron más rígidos y resistentes a la rotura y menos deformables. Por el contrario, la respuesta mecánica de los films de PVA y de los compuestos no se vio afectada por el almacenamiento. En las micrografías de FESEM, los films de PS mostraron una apariencia homogénea, mientras que los films de PVA presentaron algunas irregularidades típicas de estructuras semicristalinas; los films compuestos presentaron una estructura similar a la de los films de PVA puro, pero con más irregularidades. En conclusión, los films compuestos presentaron propiedades físicas adecuadas para el desarrollo de envases alimentarios biodegradables, comportándose mecánicamente de forma similar a los plásticos comerciales; además, dichas propiedades no se vieron afectadas por el tiempo de almacenamiento. Los films compuestos presentaron resultados mostraron que los films de PS tienen pobres propiedades mecánicas y alta permeabilidad al agua en comparación con los de PVA.

Palabras Clave: FESEM, barrera, mecánicas, almidón de guisante, retrogradación

Abstract. In the present work, the effectiveness of using two polymers, pea starch and polyvinyl alcohol (PVA) to develop biodegradable packaging material for food application was studied. To this aim, microstructural and physical properties

of pure pea starch films (PS), PVA films and composite films (PS:PVA), stored during one and five weeks (25°C-53%RH) were analyzed. Results showed that pure PS films showed poor mechanical and water vapour properties, in comparison with pure PVA. Thus, composite films presented not only better mechanical behavior ($p < 0.05$) but also better barrier properties due to the PVA incorporation. During storage time, PS films increased the rigidity and tensile strength and decreased significantly the deformability, on the contrary, the mechanical response of PVA and composite films were not affected. In the FESEM micrographs, PS films showed the typical homogenous appearance while PVA films presented some irregularities typical from semi-crystalline structures; composite films presented a similar structure to the pure PVA but with more irregularities. In conclusion, composite films presented proper physical properties to develop biodegradable packaging material for food application, as they behave mechanically similar to the commercial plastics and their properties were not affected by ageing.

Key words: FESEM, barrier, mechanical, pea starch, retrogradation

INTRODUCTION

Blends of polysaccharides such as starches, and synthetic polymers have been extensively studied to prepare films with biodegradable properties (Arvanitoyannins, 1999.). Starch is used to obtain films because its great ability to form a continuous matrix, provide low oxygen permeability and its contribution for food preservation (Jiménez *et al.*, 2012). Furthermore starch is a cheap raw material, whose films are odorless, colourless and transparent. Nevertheless, starch films present poor mechanical properties and high water vapour permeability.

Polyvinyl-alcohol is a synthetic polymer, which is fully degradable. PVA is produced commercially from polyvinyl acetate, its physical characteristics and its functional uses depend on the degree of polymerization and hydrolysis. It has useful properties as high tensile strength and flexibility, high oxygen and aroma barrier, good transparency but it has a poor water barrier.

The objective of this work was analyzed the effectiveness of mixing two biodegradable polymers, pea starch (PS) and polyvinyl alcohol (PVA) to develop biodegradable packaging material for food application. To this aim, microstructural and physical properties of PS, PVA films and composite films (PS:PVA), stored during one and five weeks were analyzed. For preparation of pure pea starch films (PS) (Roquette Laisa España, Benifaió, Spain), starch aqueous dispersions (2%w/w) were prepared following the method described by Jiménez et al. (2012). Finally glycerol (Panreac Química S.A., Castellar de Vallès Barcelona, Spain) was incorporated in a ratio 1:0.25 (Starch:Glycerol). For pure PVA films (M_w : 89.000-98.000, degree of hydrolysis > 99%, and viscosity: 11.6-15.4cP, Sigma Aldrich Química S.L., Madrid, Spain), PVA was dissolved in distiller water at 90°C for 30 minutes. For PS: PVA composite films, PVA was added to the starch dispersion at 90°C in a ratio 1:0.5 (PS:PVA) and stirred until dissolved. The dispersions containing 1.5 g of total solids were cast into a Teflon casting plates. Films were formed by drying at 25°C and 45%RH. Then, they were peeled and stored at 25°C and 53% following

established method by Jiménez *et al.*, 2012. Pure PS and PVA films were used as controls.

The microstructural analyses were carried out on the cross section of the films using a scanning electron microscope (FESEM) (SupraTM 25-Zeiss), three replicates were observed after five storage weeks. The solubility (g dissolved film/ g dry film) and moisture content of films (MC) were measured according to Ortega-Toro *et al.*, (2014); five replicates were analysed. The films thickness was measured at six random positions with a Palmer digital micrometer. The water vapour permeability (WVP) of films was determined following the gravimetric method ASTM E96-95 (1995) at 25°C and 53-100% RH gradient, four replicates per formulation were analysed. The oxygen permeability (OP) was obtained by using an Oxtran System (Mocon, Minneapolis, USA) at 25°C and 53% RH following the standard method (ASTM D3985-05, 2005), two replicates per formulation were considered. Mechanical properties were measured with a Universal Test Machine (TA. XT plus, Stable Micro Systems, Haslemere, England) at 50 mm min⁻¹ until breaking, following the ASTM standard method D882 (ASTM, 2001). Tensile strength at break, percentage of elongation at break and elastic modulus were obtained. Eight replicates carried out per formulation. The statistical analysis was performed through variance analysis (ANOVA - 95% confidence level) using the Statgraphics Plus 5.1. software (Manugistics Corp., Rockville, MD).

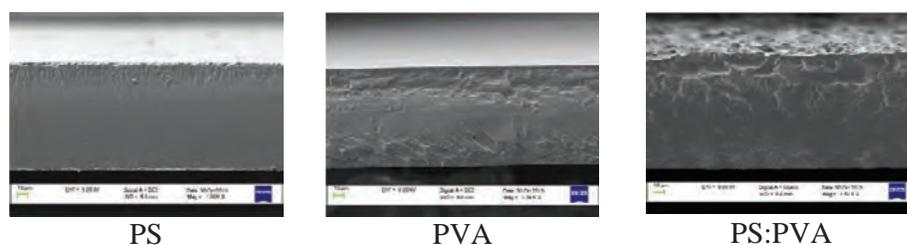


Figure 1. SEM micrographs of cross section of PS (pea starch), PVA and PS:PVA composite films.

Table 1. Moisture content (MC), water vapour permeability (WVP) and oxygen permeability (OP) of PS (pea starch), PVA and PS:PVA composite films at two storage times (1 week and 5 weeks). Mean values and (standard deviation).

	MC(%d.b. g water/100 g dry film)		WVP(gmm/KPahm ²)		OP(10 ⁻¹⁴ cm ³ /msKPa)	
	1W	5W	1W	5W	1W	5W
PS	11.4(0.4) ^{a1}	8.7(0.4) ^{a2}	6.0(0.3) ^{a1}	6.7(0.7) ^{a1}	2.5(1.8) ¹	1.8(1.3) ²
PVA	12.8(1.2) ^{b1}	11.9(1.3) ^{b1}	4.74(1.05) ^{b1}	4.8(0.8) ^{b1}		
PS:PVA	8.03(0.54) ^{c1}	7.06(1.69) ^{a1}	5.09(1.17) ^{ab1}	5.1(0.4) ^{b1}	1.43(0.06) ¹	1.65(0.005) ²

^{a,b,c} different letter in the same column indicate significant differences among formulations ($p < 0.05$)

^{1,2} different number in the same file indicate significant differences between storage times ($p < 0.05$)

Table 2. Elastic modulus (Θ), tensile strength at break (TS) and percentage of elongation at break (%) of PS (pea starch), PVA and PS:PVA composite films at two storage times (t_0 -1 week and t_1 -5 weeks). Mean values and (standard deviation).

	1WEEK			5WEEK		
	Θ (MPa)	TS (MPa)	% ϵ	Θ (MPa)	TS (MPa)	% ϵ
PS	417(41) ^{a1}	14.2(1.3) ^{a1}	10(2) ^{a1}	964(88) ^{a2}	24(2) ^{a2}	4.7(0.9) ^{a2}
PVA	95(22) ^{b1}	27(2) ^{b1}	69.13(0.43) ^{b1}	103(20) ^{b1}	27.2(0.9) ^{b1}	69.296(0.013) ^{b1}
PS:PVA	506(62) ^{c1}	26.9(1.4) ^{b1}	40(4) ^{c1}	689(44) ^{c2}	32.3(1.6) ^{c2}	41(3) ^{c1}

^{a,b,c} different letter in the same column indicate significant differences among formulations ($p < 0.05$)

^{1,2} different number in the same file indicate significant differences between storage times ($p < 0.05$)

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows FESEM micrographs of cross sections of films, PS films showed the typical homogenous and gentle appearance and PVA films presented some irregularities typical from semi-crystalline structures, as a consequence of the arrangement of some segments of the polymer chain. Composite films presented a structure more similar to the pure PVA but became rougher, in agreement with Chen *et al.*, (2008). PS:PVA films presented greater thickness, being the values 0.087 ± 0.017 mm, 0.107 ± 0.019 mm and 0.123 ± 0.013 mm, for pure PS, pure PVA and PS:PVA composite films, respectively. Composite films presented lower solubility values (0.1157 ± 0.0008), than pure ones (0.208 ± 0.019 and 0.19 ± 0.05 , for pure PS and PVA respectively). In Table 1, the MC and the WVP and OP values are shown. PS films showed poor barrier properties whereas PVA films presented greater resistance to the water vapor transfer and composite films, had intermediate behavior between both polymers. Interestingly, barrier properties of the PVA and composite films did not change throughout storage time. On the contrary, PVA of pure PS films increased over time. Table 2 shows the mean values of elastic modulus (Θ), tensile strength at break (TS) and percentage of elongation at break (% ϵ). Significant differences ($p < 0.05$) between matrixes were found: PS films exhibited poor mechanical properties (low resistance and stretchability (low TS and % ϵ)); on the contrary, PVA films were very resistant and stretchable, similarly to the commercial plastics. Composite films behave very similar to the pure PVA films. After the storage time (5 weeks), the mechanical behavior of PVA films did not change. On the contrary, PS increased the rigidity, became more resistant and decreased significantly ($p < 0.05$) the deformability due to the starch retrogradation. Analogously to pure PVA films, the mechanical response of composite films was not affected by the storage time; thus, a certain degree of inhibition of the retrogradation process surely occurred due to the establishment of interactions between both polymers.

CONCLUSIONES

In the FESEM micrographs, PS films showed the typical homogenous and soft appearance and PVA and composite films presented some irregularities, suggesting the alignment chain segments of the polymer. PS films showed poor mechanical and water vapour properties, whereas PVA films were mechanically more resistant and deformable and presented better water barrier properties. Composite films presented not only excellent mechanical behavior ($p < 0.05$) as they behave mechanically similar to the commercial plastics, but also proper barrier and solubility properties, due to the PVA incorporation. These properties were also not affected by ageing, which suggests that the starch retrogradation was inhibited in these composite films, one of the main limitations of this biodegradable polymer.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to acknowledge the finance support from Spanish Ministerio de Economía y Competitividad throughout the project AGL2010-20694.

BIBLIOGRAPHY

- ASTM, 1995. Standard test methods for water vapour transmission of materials. Standard designations: E96-95 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. (pp. 406-413).
- ASTM. 1999. Standard test methods for specular gloss. Designation D523. In Annual book of ASTM standards, 06.01. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM, 2001. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Standard D882 Annual book of American standard testing methods. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. (pp. 162-170).
- ASTM, 2005. Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a Coulometric

- sensor. Standard Designation: D3985-05 Annual book of American society for testing materials, West Conshohocken, PA, USA.
- Arvanitoyannins I.S. 1999. Totally and partially biodegradable polymer blends based on natural and synthetic macromolecules: preparation, physical properties and potential as food packaging materials. J.M.S. Rev. Macromol. Chem. Phys 39(2): 205-271.
- Chen, Y., X. Cao, P.R. Chang and M.A. Huneautl. 2008. Comparative study on the films of poly(vinyl alcohol)/ pea starch nanocrystals and poly(vinyl alcohol)/ native pea starch.
- Jiménez, A., M.J. Fabra, P. Talens and A. Chiralt. 2012a. Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. Food Hydrocolloids, 26(1): 302-310.
- Ortega, R., A. Jiménez, P. Talens and A. Chiralt. 2013. Films biodegradables a base de almidón de maíz y policaprolactona: efecto del ácido cítrico como agente de entrecruzamiento. Properties of starch-hydroxypropyl methylcellulose based films obtained by compression molding. Carbohydrate Polymers, 109 : 155-165.
- Hutchings, J.B., 1999. Food and Colour Appearance, Second Edition. Gaithersburg, Maryland: Chapman and Hall Food Science Book, Aspen Publication.

Propiedades Mecánicas de Matrices Hechas de Harina Pregelatinizada de Yuca Variedad mbra 383 y Fique

Mechanical Properties of Matrices Made of Pregelatinized Cassava Flour Variety mbra 383 and Fique

Luis Eduardo Bustamante¹, Alcy René Cerón Mosquera² y Héctor Samuel Villada Castillo³

- 1 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agroindustria. Calle 5 No. 4-70, Popayán, Colombia. <luchobuty@yahoo.es>
- 2 Estudiante de Maestría en Ciencias Químicas. Universidad del Cauca. Centro de Posgrados. Calle 5 No. 4-70, Popayán, Colombia. <alcyrenecm@yahoo.com.mx>
- 3 Profesor titular. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agroindustria. Calle 5 No. 4-70, Popayán, Colombia. <villada@unicauca.edu.co>

Resumen. Las modificaciones físicas que sufren las harinas de yuca por aplicación de tratamientos térmicos, pueden generar cambios importantes en las propiedades fisicoquímicas de las matrices plásticas obtenidas a partir de ellas para empaques. Mediante calentamiento controlado de suspensiones acuosas de harina de yuca variedad MBRA 383 se obtuvo harina pregelatinizada, que se mezcló con fibra de fique más plastificante para producir matrices semirrígidas moldeadas por compresión que se evaluaron en su resistencia a la tensión y flexión. También se caracterizó cualitativamente las superficies de las matrices mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). El propósito era estudiar el efecto de la pregelatinización de la harina de yuca sobre las propiedades mecánicas de la matriz con fibra de fique. Al comparar las propiedades mecánicas de las matrices elaboradas con harina de yuca pregelatinizada respecto a matrices obtenidas con harina sin pregelatinizar, se encontró un incremento en tales propiedades y una mayor integración estructural entre los componentes de las matrices pregelatinizadas, que evidenció un impacto positivo de la pregelatinización de la harina de yuca sobre las propiedades de las matrices.

Palabras clave: Gelatinización, propiedades mecánicas, polímeros biodegradables.

Abstract. Physical modifications suffered by cassava flour due to applying heat treatments, can result in significant changes in the physicochemical properties of plastic matrices for packaging obtained from them. By controlled heating of aqueous suspensions of cassava flour variety MBRA 383 was obtained pregelatinized flour that was mixed with fique fiber and plasticizer to produce compression molded matrices which were evaluated for tensile and flexural strength. The surfaces of the matrices are also qualitatively characterized using scanning electron microscopy (SEM). The purpose of this study was to test the effect of pregelatinization of cassava flour on the mechanical properties of a matrix with fique fiber. By comparing the mechanical properties of matrices made of pregelatinized cassava flour respect to matrices made of no pregelatinized flour, an increase was found in that properties and greater structural integration between the components of the gelatinized matrices, that showed a positive impact of pregelatinization of cassava flour on the properties of matrices.

Keywords: gelatinization, mechanical properties, biodegradable polymers.

INTRODUCCIÓN

La harina de yuca puede ser convertida a un material termoplástico mediante disrupción estructural bajo condiciones específicas de temperatura y presencia de plastificante, obteniéndose un nuevo material termoplástico que puede emplearse en la fabricación de empaques biodegradables. Una de las tecnologías disponibles para la elaboración de empaques a partir de harinas es el moldeo por compresión, el cual permite obtener matrices semirrígidas que pueden ser utilizadas para la elaboración de recipientes tales como bandejas, platos y vasos (Navia y Villada, 2012). La incorporación de fibras naturales a la harina de yuca plastificada permite aumentar las propiedades mecánicas de los productos finales, los tratamientos combinados de calor y humedad de la harina, tal como la pregelatinización, pueden también modificar estas propiedades (Zavareze y Guerra, 2011).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la pregelatinización de la harina de yuca, sobre las propiedades mecánicas de una matriz moldeada por compresión obtenida de harina de yuca variedad MBRA 383 y fibra de fique.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se utilizó harina de yuca de variedad MBRA 383 suministrada por DERIYUCA (Colombia), fibra de fique variedad Uña de Aguila adquirida en la Cooperativa de Productores del municipio de Paniquitá (Cauca-Colombia) y sometida a molienda y tamizaje hasta tamaño de partícula de 250 μm . Como plastificante se utilizó glicerina grado comercial (pureza 99,7%) suministrada por DISAN S.A. (Colombia).

Proceso de pregelatinización y obtención de las matrices. Mezclas de agua y harina de yuca (relación 4:1 en peso) se calentaron a 70 °C, con velocidad de agitación constante, hasta alcanzar la gelatinización del material. Mediante moldeo por compresión de mezclas hechas de harina de yuca pregelatinizada, fibra de fique y plastificante, en proporciones especificadas en trabajos previos (Navia et

al., 2013), procesadas a 200 °C durante 3 minutos, bajo una presión de 6,89 MPa en una máquina de moldeo fabricada por EDAFA (Colombia), se obtuvieron especímenes de matrices semirrígidas para posterior análisis, de dimensiones específicas de acuerdo a la medición a ser realizada. De forma similar se lograron especímenes de matrices con harina sin pregelatinizar, además de matrices con harina sin pregelatinizar y sin fique.

Medición de la resistencia a la tensión y flexión. Se determinaron los valores de esfuerzo máximo, el módulo elástico para la tensión y la flexión de especímenes de las matrices obtenidas a partir de harina pregelatinizada y sin pregelatinizar, siguiendo procedimientos de acuerdo a las normas ASTM D638 (2010) y ASTM D790 (2010) en una máquina universal SHIMADZU EZ-L, respectivamente. Para tensión se emplearon como especímenes probetas tipo I de forma y dimensiones de acuerdo a la norma ASTM D638 (2010). Para flexión los especímenes consistieron en probetas planas de 127 mm de largo, 12,7 mm de ancho y 3 mm de espesor.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Se registraron micrografías de la superficie de especímenes de la matriz moldeada con harina pregelatinizada y sin pregelatinizar empleando un microscopio electrónico de barrido JSM-6490 con filamento de tungsteno operado a 20 kV con un nivel de magnificación de 100 X. Los especímenes fueron previamente recubiertos con oro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para esfuerzo máximo y módulo elástico de las propiedades mecánicas analizadas para las matrices elaboradas se presentan en la Tabla 1. Tal como se puede apreciar, la matriz que empleó harina pregelatinizada presentó valores superiores de esfuerzo máximo y módulo elástico respecto a aquellas que emplearon harina sin pregelatinizar, con un mayor efecto al compararla con la matriz sin pregelatinizar y sin fique. La fibra de fique, incorporada a la matriz, actúa como

Tabla 1. Valores medios de las propiedades mecánicas para las matrices obtenidas.

Matriz	Tensión		Flexión	
	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)
Harina pregelatinizada con fique	3,52 \pm 0,03	1423,52 \pm 2,93	15,50 \pm 1,04	1712,27 \pm 295,16
Harina sin pregelatinizar con fique	1,23 \pm 0,12	354,08 \pm 21,85	3,06 \pm 0,24	245,06 \pm 24,37
Harina sin pregelatinizar sin fique	0,91 \pm 0,05	158,07 \pm 17,03	1,52 \pm 0,15	183,02 \pm 20,47

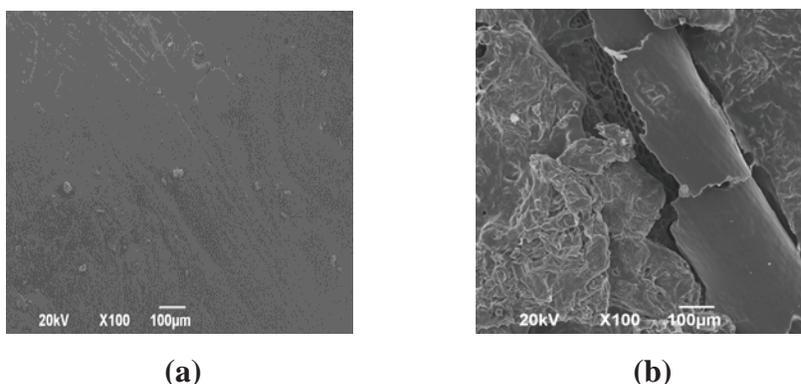


Figura 1. Micrografías de matrices de harina pregelatinizada (a) y harina sin pregelatinizar (b).

un refuerzo dado el aumento de las propiedades mecánicas que provoca en la matriz sin pregelatinizar, no obstante, esta acción se incrementa significativamente cuando se emplea harina pregelatinizada en la elaboración de la matriz. El hinchamiento y rompimiento de los gránulos del almidón contenido en la harina, al efectuarse la pregelatinización, permite una mayor liberación de moléculas de amilosa y amilopectina hacia el medio, que pueden interactuar de forma más efectiva con la fibra y favorecen la plastificación en el proceso de moldeo, brindando una matriz más compacta, uniforme y resistente al compararla con la matriz obtenida con harina sin pregelatinizar (Paes *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos por SEM sobre las superficies de las matrices pregelatinizadas y sin pregelatinizar, ambas con fique, se muestran en la figura 1. Se observó que la matriz obtenida con harina pregelatinizada presentó una superficie lisa y continua, sin presencia de grietas, mientras la matriz sin pregelatinizar presentó una superficie irregular con aparición de fracturas y orificios, además de gránulos de almidón intactos sin gelatinizar. Lo anterior sustenta los resultados obtenidos para las propiedades mecánicas de las dos matrices, indicando una mayor interacción de los componentes y una plastificación eficiente, lo cual favorece la acción reforzante de la fibra natural en la matriz termoplástica incrementando los valores de la resistencia a la tensión y flexión del producto (Ibrahim *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El proceso de pregelatinización de la harina de yuca aumenta la interacción de los componentes moleculares del almidón de la harina y favorece la plastificación de matrices termoplásticas, influyendo directamente sobre las propiedades de resistencia a la tensión y flexión de las matrices cuando están reforzadas con fibras naturales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco de un proyecto financiado por COLCIENCIAS, con el apoyo del Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca y la Universidad del Cauca.

BIBLIOGRAFÍA

- Ibrahim, H., M. Farag, H. Megaheda and S. Mehanny. 2014. Characteristics of starch-based biodegradable composites reinforced with date palm and flax fibers. *Carbohydrate Polymers* 101: 11-19.
- Navia, D., A. Ayala y H. Villada. 2013. Determinación de isotermas de adsorción de agua en biocompuestos de harina termoplástica y fique. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11(1): 144-153.
- Navia, D. and H. Villada. 2012. Thermoplastic cassava flour, pp.23-38. En: Zaki, Adel (ed.). *Thermoplastic elastomers*. InTech, Croatia. 416 p.
- Paes, S., I. Yakimets and J. Mitchell. 2008. Influence of gelatinization process on functional properties of cassava starch films. *Food Hydrocolloids* 22(5): 788-797.
- Zavareze, E. and A. Guerra. 2011. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. *Carbohydrate Polymers* 83(2): 317-328.

Propiedades Físicoquímicas, Reológicas y Estabilidad de Emulsiones Adicionadas con Lecitina de Soya y Goma Xantana

Physical-Chemical, Rheological and Stability Properties of Emulsions with Soy Lecithin and Xanthan Gum Added

Luis J. Pérez Córdoba^{1*}, Perla Relkin¹, Paulo J. Sobral², Ricardo Durán Barón³

1* Doutorando em Ciências da Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Campus Pirassununga, SP, Brasil. CEP 13635-900. luchop283@usp.br

2 Profesor titular, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Campus Pirassununga, SP, Brasil. CEP: 13635 900. pjsobral@usp.br

3 Grupo Optimización Agroindustrial: Facultad de Ingeniería y Tecnología. Universidad Popular del Cesar. Bloque F Lab 201. Sede Sabanas. ricadu6@yahoo.es

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades físicoquímicas (tamaño de partículas y tensión superficial), reológicas (comportamiento de flujo) y de estabilidad de emulsiones aceite en agua. Se prepararon emulsiones compuestas por una fase oleosa que contenía 20% de aceite y 1 y 3% de lecitina de soya y una fase acuosa preparada separadamente que contenía 0,5% de goma xantana. Ambas fases fueron homogenizadas a 10000 rpm por 3 minutos. Los resultados revelaron que la adición de goma xantana en una proporción de 0,5% dio lugar a un efecto deseable en las propiedades de flujo, en el tamaño promedio de las gotas y en la estabilidad de las emulsiones almacenadas por 4 días a 25°C, no observándose cremado ni sedimentación. Por su parte, la adición de lecitina de soya disminuyó la tensión superficial de la fase oleosa de las emulsiones desde 33,4 a 31,0 mN.m⁻¹, facilitando la distribución de las gotas de aceite, sin observar fases de coalescencia y/o agregación.

Palabras claves: *Dispersión, tamaño de partícula, viscosidad, estabilidad, tensión superficial.*

Abstract. The aim of this work was to evaluate the physical-chemical (particle size and surface tension), rheological (flow behavior) and stability properties of oil-in-water emulsion. Emulsions consists of oil phase containing 20% of oil and 1 and 3% of soy lecithin, and separately an aqueous phase containing 0.5% of xanthan gum were prepared. Then, were homogenized both phases at 10000 rpm for 3 minutes. The results showed that the addition of xanthan gum in proportion of 0.5% gave a desirable effect on the flow properties, the average droplet size and the stability of the emulsions stored for 4 days at 25°C, no observing creaming and sedimentation phases. On the other hand, the addition of soy lecithin decreased the surface tension of the oil phase of emulsions from 33.4 to 31.0 mN.m⁻¹, providing a good distribution of the oil droplets, without observe coalescence and/or aggregation phases.

Keywords: *dispersion, particle size, viscosity, stability, surface tension.*

INTRODUCCIÓN

Una emulsión es una dispersión termodinámicamente inestable de un líquido inmiscible en otro (aceite en agua O/W o agua en aceite W/O), en forma de pequeñas gotas esféricas con un diámetro que oscilan entre 0.1 y 100 μm. Las emulsiones O/W, se preparan mediante la disolución de los componentes lipófilos dentro de la fase oleosa, y luego se homogeniza esta con una fase acuosa que puede contener un emulsificante, dependiendo de su BHL (Ahmed *et al.*, 2012). La descomposición de una emulsión puede manifestarse a través de mecanismos, que incluyen: cremado, floculación, maduración de Ostwald, coalescencia, etc. La estabilidad cinética de las emulsiones, se consigue mediante la adición de pequeñas moléculas de tensoactivo (polisorbatos, fosfolípidos) y/o proteínas (de la leche) y/o agentes espesantes (gomas, gelatina) (Mirhosseini *et al.*, 2008).

El objetivo de este estudio consistió en la evaluación de propiedades físicoquímicas, reológicas y de estabilidad de emulsiones aceite en agua (O/W) preparadas con aceite de soya y adición de lecitina de soya y goma xantana, utilizando un homogenizador de baja energía.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se preparó inicialmente la fase oleosa compuesta por aceite (20%) y lecitina de soya (1 y 3% w/w). La fase acuosa fue preparada separadamente a través de la disolución de goma xantana (0,5% w/w) en agua destilada, sobre una placa de calentamiento (60°C). La mezcla de las fases para formar la emulsión, se realizó utilizando un homogeneizador Ultra-Turrax® IKA® T25 (Labotechnik, Alemania) a 10000 rpm por 3 minutos (Mezdour *et al.*, 2011).

La medición del tamaño de partículas se realizó en un analizador de partículas con espectrofotómetro UV-VIS SALD-201V (Shimadzu, Japón); con espectros en longitud de onda de 0,25 – 50 μm (Mirhosseini *et al.*, 2008). Los valores de tensión superficial (25°C) se midieron con tensiómetro de fuerza Sigma 702 (Attension, Finlandia), que se basa en el método del anillo de Du Noüy (Surassmo *et al.*, 2010). La viscosidad de las emulsiones se evaluó a 25°C en test estacionarios, empleando un reómetro AR 2000 (TA Instruments, USA), con cilindros concéntricos, a una tasa de cizallamiento entre 0 y 300 s^{-1} y dos ciclos, de aumento y reducción (Moraes *et al.*, 2009). La estabilidad de la emulsión mantenida en reposo (25 \pm 1°C), se evaluó a 0, 1 y 4 días. Los resultados fueron expresados como porcentaje, en relación a la altura del volumen total (10 mL) de las emulsiones en el tubo (H_t). Índice de Cremado (I_c) = $(H_c/H_t) * 100$ e Índice de sedimentación (I_s) = $(H_s/H_t) * 100$ (Taherian *et al.*, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tensión superficial. En la medida en que se fue aumentando la concentración de lecitina (0, 1% y 3%), se logró reducir la tensión superficial entre las fases agua y aceite desde 33,4 mN/m hasta 31,0 mN/m facilitando la distribución de las gotas. Es decir, que la lecitina tuvo una buena adsorción como surfactante en la emulsión, logrando estabilizar los glóbulos en contra de la coalescencia y/o agregación (Mezdour *et al.*, 2011).

Tamaño de partícula. El diámetro medio de las gotas (Tabla 1) de las emulsiones adicionadas con 1% y 3% de lecitina de soya presentaron un incremento de 1,06 a 4,29 μm y de 0,84 a 1,13 μm respectivamente, al 4 día de almacenamiento, debido a la reagrupación de las mismas durante el reposo de las emulsiones (25°C) (Taherian *et al.*, 2006). Es decir, que a mayor concentración de surfactante menor es el diámetro medio de las gotas en la emulsión.

La adición de goma xantana (0,5%) combinada con una adecuada velocidad de homogenización (10000 rpm, 3 min) mejoró la estabilidad de las emulsiones y permitió reducir el diámetro medio de las gotas, debido aparentemente a la formación de redes de gotas floculadas. Resultados similares fueron obtenidos por Mirhosseini *et al.*, (2008), con concentraciones próximas de aceite y goma xantana.

Propiedades de flujo. La viscosidad aparente para las emulsiones (O/W) adicionadas con 0, 1% y 3% de lecitina de soya, muestra un comportamiento pseudoplástico con esfuerzo inicial (25°C), siendo representada por los modelos

de Herschel-Bulkley $\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n$ y ley de potencia $\sigma = K\gamma^n$ (Tabla 2), y altos valores de r^2 .

Tabla 1. Tamaño medio de partículas para las emulsiones O/W.

Emulsiones t_0	Span (μm)	Tiempo		
		Día 1	Día 4	Día 4
Lecitina 1% + goma xantana 0,5%	Span (μm)	1,06	1,03	4,29
Lecitina 3% + goma xantana 0,5%		0,84	0,95	1,13

Tabla 2. Parámetros de regresión de los modelos ajustados.

Emulsiones	Herschel-Bulkley ($r^2=0,98$)			Ley de potencia ($r^2= 0,97$)	
	σ_0 (Pa)	K (Pa.sn)	n (-)	K (Pa.sn)	n (-)
Lecitina 0%	3,32	0,34	0,53	2,22	0,26
Lecitina 1%	4,99	0,26	0,61	2,93	0,26
Lecitina 3%	5,75	0,29	0,61	3,42	0,25

El efecto estabilizante de la goma xantana se vio reflejado sobre la viscosidad, por su estructura compleja y su alto peso molecular, que provee buena capacidad de adsorción de agua, cuando es dispersa en soluciones acuosas (Mirhosseini *et al.*, 2008).

Estabilidad. No se observó visualmente cremado (aglomerados), ni sedimentación (separación de fases) en las emulsiones (25°C), los días 0, 1 y 4 (Tabla 3). Este efecto parece ser estimulado por la goma xantana, cuando adicionada por encima de 0,3% w/w es bien adsorbida por la fase acuosa, ayudando a reducir la tensión superficial y a formar una película interfacial cohesiva alrededor de las gotas de la emulsión, mejorando así su estabilidad (Mirhosseini *et al.*, 2008).

Tabla 3. Resultados de estabilidad de las emulsiones O/W.

Propiedad	Días de evaluación		
	0	1	4
Cremado y Sedimentación (%)	0,00	0,00	0,00

CONCLUSIONES

La adición de goma xantana (0,5%) en emulsiones O/W con una concentración de aceite de 20% (w/w), combinada con una adecuada velocidad de homogenización, permiten reducir el diámetro medio de las gotas de aceite, mejorar las propiedades de flujo y la estabilidad de las emulsiones. La adición de 1

y 3% de lecitina de soya como tensoactivo redujo la tensión superficial entre las fases de agua y aceite en las emulsiones.

AGRADECIMIENTOS

a FAPESP por otorgar la beca al autor principal (proceso 2013/14324-2).

BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, K., D.J. McClements and H. Xiao. 2012. Nanoemulsion and emulsion based delivery systems for curcumin: Encapsulation and release properties. *Food Chemistry* 132(2): 799 – 807.

Mezdour S., S. Desplanques and P. Relkin. 2011. Effect of residual phospholipids on surface properties of a soft-refined sunflower oil: Application to stabilization of sauce-types' emulsions. *Food Hydrocolloids* 25(4): 613 – 619.

Mirhosseini, H., C. Tan, N. Hamid and S. Yusof. 2008. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on

ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 315(1-3): 47–56

Moraes, I., R. Carvalho, A. Bittante, J. Sorloza-Feria and P. Sobral. 2009. Film forming solutions based on gelatin and poly (vinyl alcohol) blends: Thermal and rheological characterizations. *Journal of Food Engineering* 95(4): 588 – 596.

Surassmo, S., S. Min, P. Bejrapha and M. Choi. 2010. Effects of surfactants on the physical properties of capsicum oleoresin-loaded nanocapsules formulated through the emulsion–diffusion method. *Food Research International* 43(1): 8–17.

Taherian, A., P. Fustier and H. Ramaswamy. 2006. Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage cloud emulsions. *Journal of Food Engineering* 77(3) : 687– 696.

Estudio Preliminar de Validación de una Metodología Analítica para Determinación de Flavonoides en Mieles Colombianas

Validation of a Preliminary Study of an Analytical Methodology for Flavonoids' Analysis In Colombian's Honey Samples

Edith M. Castro C.¹; Alexander Erazo V.²; Marta Quicazan S.³ y Juan C. Marin L.⁴

1 Estudiante Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Bogotá, Colombia. <edmcastrocr@unal.edu.co>

2 Químico. M Sc. Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Bogotá, Colombia. <aerazov@unal.edu.co>

3 Profesor titular. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Bogotá, Colombia. <mquicazand@unal.edu.co>

4 Profesor titular. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Farmacia. Bogotá, Colombia. jcmarinlo@unal.edu.co

Resumen. El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados preliminares obtenidos durante la validación de la metodología analítica que será empleada para establecer el perfil de flavonoides presentes en muestras de miel de la zona cafetera del Departamento del Magdalena (Colombia). La metodología se basa en la extracción de compuestos fenólicos de las muestras de miel empleando Amberlita XAD-2 y el análisis de los mismos por HPLC-DAD. La separación cromatográfica fue optimizada alcanzándose valores de resolución $R \geq 1,0$ para la mayoría de los compuestos. Se realizaron ensayos de recuperación con compuestos fenólicos obteniéndose porcentajes de recuperación de 45,9 (CV 21,6%), 73,2 (CV 13,0%) y 78,2 (CV 6,96%) para vainillina, quercetina y galangina, respectivamente. Estos compuestos mostraron tiempos de retención con desviaciones estándar que variaron

entre 0,217 y 0,584 minutos. Se analizaron cuatro muestras de miel para evaluar la separación cromatográfica.

Palabras clave: Miel, flavonoides, HPLC-DAD, Amberlite XAD-2, validación.

Abstract. The present work aims to illustrate preliminary results found through the validation of the analytical methodology that will be used to as a method to identify the flavonoids profile from different honey samples produced in the coffee region of the Colombian department of Magdalena. This methodology involves the extraction of phenolic compounds from honey samples by using Amberlita XAD-2 and their further analysis by HPLC-DAD. The analysis by chromatography was optimized reaching resolution values of $(R) \geq 1.0$ for most of them. Recuperation assays were carried out using phenolic

compounds leading to recuperation percentages of 45.9 (CV 21.6%), 73.2 (CV 13.0%) y 78.2 (CV 6.96%) for Vanilline, Quercetin and Galangin, respectively. The results showed that these compounds have retention times with standard deviation between 0.217 and 0.584 minutes. In this research four different samples were analysed.

Key words: Honey, Flavonoids, HPLC-DAD, Amberlite XAD-2, Validation.

INTRODUCCIÓN

La miel es un producto alimenticio natural compuesto esencialmente por carbohidratos, principalmente fructosa, glucosa y sacarosa. Además, tiene componentes minoritarios, como proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, lípidos, vitaminas, minerales y metabolitos secundarios, como flavonoides y compuestos fenólicos (Álvarez-Suárez *et al.*, 2012).

La presencia de flavonoides en las mieles está determinada por su origen botánico, geográfico y las condiciones climáticas de la zona. Estos compuestos bioactivos de origen vegetal se transfieren a la miel debido a la intervención de las abejas, que recolectan néctar o melaza de las plantas para su producción (Bertoncelj *et al.*, 2011). La determinación de flavonoides en matrices con altos contenidos de carbohidratos, se ha realizado por extracción en fase sólida, extracción líquido-líquido y cromatografía en columna, esta última, usando resinas como la Amberlite XAD-2, con porcentajes de recuperación mayores al 80% (Robards, 2003; Lurlina *et al.*, 2009; Kenjerić *et al.*, 2007). Los extractos pueden analizarse por técnicas cromatográficas como cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), cromatografía de gases (CG) o electroforesis capilar (EC), acopladas a diferentes clases de detectores UV, donde la HPLC-DAD es la técnica de rutina usada para analizar flavonoides y ácidos fenólicos (Andersen y Markham, 2006). Estas técnicas se usan comúnmente en el ámbito mundial para determinar el perfil de flavonoides y dar denominación de origen a las mieles; sin embargo, en Colombia dicha temática ha sido poco explorada. Por lo anteriormente descrito, en este artículo se muestra parte del trabajo adelantado para validar una metodología analítica que permita establecer el perfil de flavonoides en mieles Colombianas provenientes de la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta en el departamento del Magdalena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron metanol (grado HPLC), éter etílico (R.A.) y Amberlite XAD-2 marca Supelco, Como sustancias patrón se emplearon los compuestos fenólicos vainillina, quercetina, y galangina (Sigma Aldrich).

Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos. La extracción y separación cromatográfica se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Ferreres *et al.*, (1994), con algunas modificaciones. Se tomaron 50g de miel proveniente de la Sierra Nevada de Santa Marta y 75 g de Amberlite XAD-2, la mezcla se empacó en una columna cromatográfica, y se realizaron lavados con agua acidulada para la eliminación de azúcares y otros componentes mayoritarios. Los compuestos fenólicos fueron eluidos con metanol, posteriormente al extracto obtenido se le realizó una partición con éter etílico, que fue llevada a sequedad a presión reducida. El extracto final se obtuvo por aforo con 1 mL con metanol y se filtró antes del análisis por HPLC-DAD. Para el análisis cromatográfico se empleó una columna C18 (250 x 4 mm; 5 mm Supelco). El método cromatográfico original fue adaptado cambiando los tiempos de gradiente para lograr una mejor resolución. La detección de los compuestos fenólicos se realizó a 330 y 370 nm. Para evaluar la eficiencia en la recuperación del método propuesto se fortificaron las muestras de miel con tres estándares fenólicos (vainillina, quercetina y galangina) a una concentración conocida (15, 30 y 15 $\mu\text{g mL}^{-1}$ respectivamente), y se cuantificó la cantidad final de los estándares en el extracto fenólico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos obtenidos, se analizaron bajo diferentes condiciones cromatográficas con el fin de alcanzar resoluciones y precisiones adecuadas (Figura 1). El método final está compuesto por dos fases móviles, A: solución acuosa de ácido fórmico (HCOOH) (pH 2,0) y B: metanol. Inicia 20% de B (1 min.), incrementa B hasta 30% a los 30 min. (isocrático por 2 min.); incrementa B hasta 40% a los 52 min. (isocrático por 2 min.); incrementa B hasta 45% a los 74 min. (isocrático por 2 min.); incrementa B hasta 60% a los 116 min.

El 70% de los picos tuvieron resoluciones ($R \geq 1$) y la mayoría de señales presentaron factores de asimetría (A_s) entre 0,88 y 1,23. Los picos 1, 24 y 30 tuvieron valores de $0,70 \leq A_s \leq 1,50$, los cuales no interfieren con la separación cromatográfica porque estos picos presentaron valores de $R \geq 2,0$.

Se realizaron ensayos de recuperación en condiciones de repetitividad para evaluar la eficiencia de la metodología (Tabla 1). Se obtuvieron porcentajes de recuperación adecuados ($\% \text{Rec} \geq 70\%$) para los flavonoides, pero menores de 50% para la vainillina. Como la vainillina eluye al inicio del cromatograma (con los ácidos fenólicos), la quercetina eluye en la mitad y la galangina al final, puede suponerse que los compuestos con polaridades intermedias tendrán un comportamiento muy

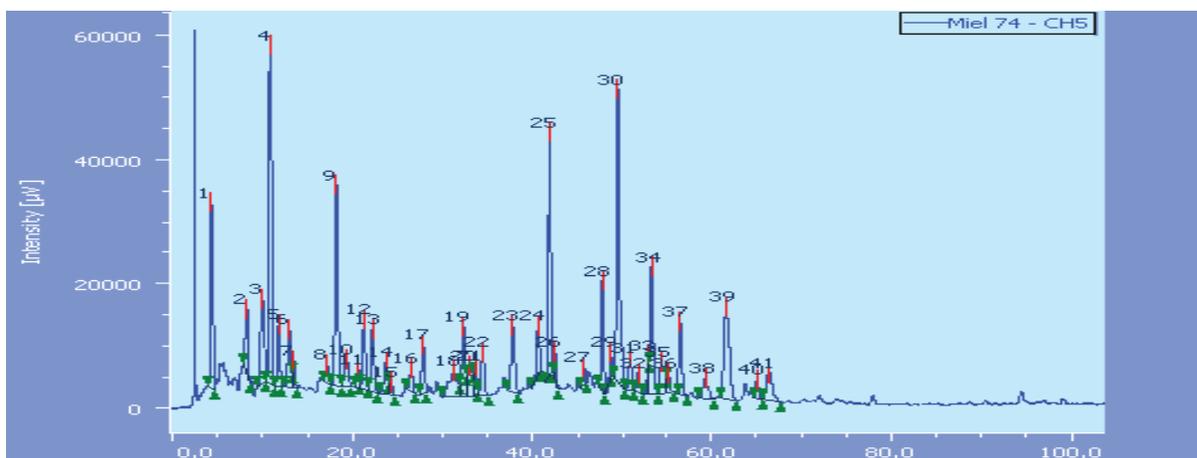


Figura 1. Perfil cromatográfico del extracto fenólico obtenido de una muestra de miel de abejas (*Apis mellifera*).

similar al desarrollar el método. Los Coeficientes de variación (CV) son adecuados ($\leq 15\%$) para los flavonoides, pero no para la vainillina, debido a que al ser el %Rec tan bajo, la concentración cuantificada es mucho menor.

Tabla 1. Valores de recuperación cromatográficos (HPLC) para mieles fortificadas.

Compuesto	Concentración aplicada (ug/mL ⁻¹)	tr (\pm min)	Recuperación (%) [*]	CV (%)
Vainillina	15	14.976(\pm 0.217)	45.9 \pm 9.9	21.6
Quercetina	30	54.491(\pm 0.584)	73.2 \pm 9.5	13.0
Galangina	15	108.137(\pm 0.478)	78.2 \pm 5.4	6.96

^{*}Los ensayos se realizaron por triplicado en condiciones de repetitividad. tr (tiempo de retención), CV (coeficiente de variación).

CONCLUSIONES

El método presenta valores adecuados para el análisis de flavonoides (%Rec ≥ 70 y CV $\leq 15\%$). No obstante, varios autores reportan %Rec $\geq 90\%$ para flavonoides, por ello será necesario mejorar la metodología con ensayos adicionales. Los compuestos que tienen valores de R < 1 podrán cuantificarse por altura de pico previa evaluación del error implicado en ello. Algunos de estos picos deberán identificarse para crear el perfil de flavonoides, mediante comparación de los tr con patrones de referencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Suárez, J., F. Giampieri, A. González-Paramás, E. Damiani, P. Astolfi, G. Martínez-Sánchez, S. Bompadre, J.L. Quiles, C. Santos-Buelga and M. Battino. 2012. Phenolics from monofloral honey protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology*. 50(5): 1508–1516.
- Andersen, O.M. and K.R. Markham. 2005. *Flavonoids Chemistry, Biochemistry and Applications*. CRC Press. 1212 p.
- Bertoncelj, J., U. Doberšek, M. Jamnik, T. Golob. 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*. 105(2): 822–828.
- Ferreres, F., A. Tomás-Barberán, C. Soler, V. García, F. Ortiz and A. Tomás-Lorente. 1994. A simple extractive technique for honey flavonoid HPLC analysis. *Apidologie*. 25(1): 21–30.
- Kenjerić, D., M. Mandić, L. Primorac, D. Bubalo and A. Perl. 2007. Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. *Food Chemistry*. 102(3):683–690.
- Iurlina, M.O., A. Saiz, R. Fritz and G. Manrique. 2009. Major flavonoids of Argentinean honeys. Optimisation of the extraction method and analysis of their content in relationship to the geographical source of honeys. *Food Chemistry*. 115(3):1145–1149.
- Robards, K. 2003. Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A*. 1000(1-2): 657–669.

Estabilidad de un Sistema Coloidal a Base de Aguacate con Fines de Secado por Aspersión

Avocado Colloidal System Stability for Spray Drying

Alejandra María Marulanda¹; Juliana Gaviria; Marilza Ruiz-Ruiz; Misael Cortes

- 1 Investigadora. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. A.A. 1779, Medellín, Colombia, ammarulandar@unal.edu.co
- 2 Investigadora. Facultad de Ciencias de la Salud – Colegio Mayor -, Medellín, Colombia, julitorre3@hotmail.com
- 3 Investigadora. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. A.A. 1779, Medellín, Colombia. mpruizr@unal.edu.co
- 4 Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. A.A. 1779, Medellín, Colombia. mcortesro@unal.edu.co

Resumen. El diseño de emulsiones estables que cumplan con los criterios de operación para su uso en secado por aspersión, es un requerimiento constante para el procesamiento de alimentos en polvo. El objetivo de este trabajo fue diseñar una emulsión estable de aguacate, en función de las variables independientes: relación pulpa/agua, tiempo de homogenización, y concentración de goma arábiga. Se utilizó un diseño de optimización por superficie de respuesta “Optimal”, para determinar la influencia de las variables independientes sobre las propiedades fisicoquímicas y la estabilidad de la emulsión. Los resultados obtenidos indican que las variables de respuesta más significativas fueron la viscosidad y el potencial zeta; las cuales son altamente afectadas por la relación pulpa/agua y la concentración de goma arábiga. La mejor condición de operación y formulación de la emulsión se obtuvo con un tiempo de homogenización de 6’46”, relación pulpa/agua = 0,67 y con concentración de goma arábiga del 0,4%.

Palabras clave: *Persea americana* Mill, variedad Hass, coloides en alimentos, potencial zeta, viscosidad.

Abstract. Stable emulsions design that satisfies the criteria for operation to use in spray drying is a constant requirement for powder food processing. The aim of this work was to design a stable emulsion of avocado in function of independent variables: ratio pulp/water, homogenization time and concentration of Arabic gum. An optimization response surface “Optimal” design was used to determine the influence of the independent variables on the physicochemical properties and emulsion stability. The results obtained indicate that the most significant response variables were viscosity and zeta potential, which are highly affected by the ratio of pulp/water and gum arabic concentration. The best operating conditions and formulation of emulsion were obtained with a homogenization time 6’46”, ratio avocado/pulp = 0.67 and 0.4% arabic gum.

Keywords: *Persea americana* Mill, Hass variety, food colloids, zeta potential, viscosity.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un fruto climatérico, con serias limitaciones de oxidación asociado a su sistema enzimático y el alto contenido de ácidos grasos insaturados (Elez-Martínez *et al.*, 2005), los cuales además generan emulsiones altamente viscosas. Investigaciones previas de estudios reológicos de emulsiones de aguacate han sido reportadas (Freitas *et al.*, 1996; Tabilo-Munizaga *et al.*, 2005), con el objetivo de disminuir su viscosidad a fin de facilitar la extracción de aceite de aguacate o de mejorar la obtención de pasta de aguacate. Por naturaleza las emulsiones son termodinámicamente inestables, lo que representa un reto para el profesional del área en ralentizar la cinética de separación de fases o garantizar una estabilidad cinética, mediante el control de las condiciones de homogenización y el uso de aditivos (McClements, 1999). El objetivo de este trabajo fue diseñar una emulsión estable a base de aguacate con fines de secado por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de la emulsión. Se utilizaron aguacates variedad Hass recolectados en madurez comercial, provenientes del Municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia), goma arábiga-GA (Tic Pretested Gum Arabic FT Powder, Tic Gums, USA), sal grado alimenticio, y limones (*Citrus araufiifolia*). Los materiales sólidos fueron dispersos en el agua de la emulsión, mediante un homogenizador Ultraturrax IKA modelo TK50, USA, a una velocidad constante. Posteriormente se adicionó el resto de ingredientes.

Diseño experimental. La emulsión base de aguacate se optimizó utilizando el Software Design Expert 8.0 (Stat-Ease,

Inc USA) y la metodología de superficie de respuesta con un diseño experimental "Optimal", en función de las variables independientes: relación pulpa/agua (0,67-1,5) (Factor A), concentración de goma arábiga (0-3% p/p) (Factor B) y tiempo de homogenización (3-7 min) (Factor C), y las variables de respuesta: potencial zeta (ζ) e índice de peróxido, Índice de tamaño, viscosidad (η) y color, las cuales fueron valoradas por triplicado. Donde η es determinante en la operación de bombeo de la alimentación a la cámara de secado y debe ser máximo 60Pa*s.

Métodos. Se determinó el índice de tamaño con un espectrofotómetro UV-Vis (Cecil instruments CE 2021, USA) y el ζ con un Zetasizer Nano ZS90 (Malvern Instruments Ltd., Worcester, UK), según la metodología descrita por (Mirhosseini *et al.*, 2008). La η se determinó de acuerdo a la metodología reportada por Tabilo-Munizaga *et al.*, (2005), utilizando un reómetro Kinexus modelo KNX2100 (Malvern Instruments Ltd., Worcester, UK) con geometría cono-plato (CP 4/40) y gap de 1mm. Se utilizó el software r-Space (T = 25°C) y fue modelizada por la Ley de potencia. El índice de peróxidos se evaluó por el método FOX (Pegg, 2001; Shanta y Decker, 1994). El color se determinó utilizando un espectrofotómetro de esfera (X-RITE

modelo SP64, Inc, MI, USA), con iluminante D65 y un observador de 10° como referencia, bajo las coordenadas CIE-L*a*b*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ζ presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al factor A y a las interacciones AB y AC; mientras que la η presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los factores A y B. El factor tiempo no tuvo influencia importante sobre las propiedades evaluadas. Los parámetros de color (L^* , a^* y b^*), el índice de tamaño y los valores de peroxidación lipídica no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) por efecto de los factores evaluados. Los valores promedio de los parámetros de color fueron: $L^* = 57,41 \pm 0,95$, $a^* = -6,21 \pm 0,20$ y $b^* = 25,43 \pm 0,26$; lo cual indica que la emulsión de aguacate conserva su cromaticidad verdosa ($a^* = -6,32 \pm 0,24$) y disminuye la cromaticidad amarilla ($b^* = 37,18 \pm 3,31$) con respecto a la fruta fresca. Estos resultados son coherentes con los bajos valores de peróxidos obtenidos ($0,049 \pm 0,02$ meq/Kg), lo cual indica un proceso de oxidación mínimo sobre los ácidos grasos, consecuencia de las condiciones favorables de operación impuestas (tiempos de homogenización y temperaturas bajas, y pH de $3,62 \pm 0,05$). Los beneficios del

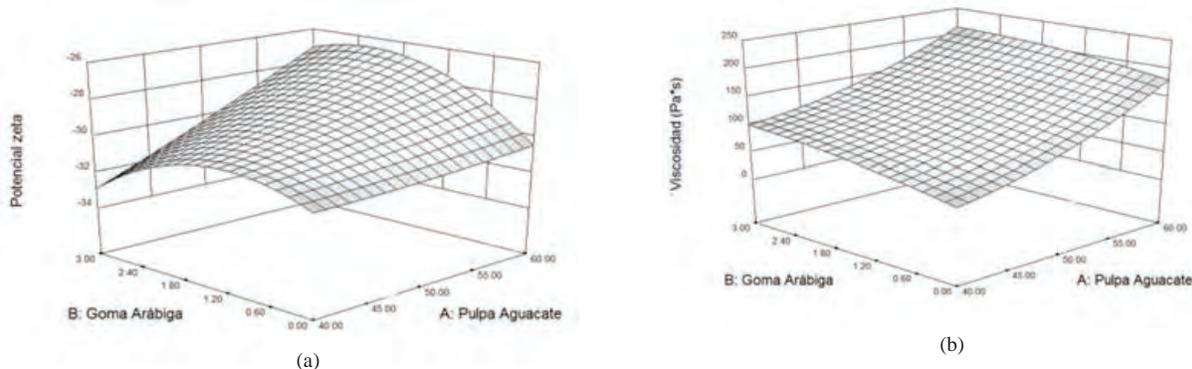


Figura 1. Superficie de respuesta para las variables de respuesta significativas ζ y η

Tabla 1. Efectos estimados de los factores sobre las variables de respuesta significativas ζ y η

Factor	Media	A	B	C	A*B	A*C	B*C	A ²	B ²	C ²
η	129,20	59,16*	25,15*	1,40	-3,97	2,85	-7,41	17,34	-6,72	-10,52
ζ	-29,43	1,23*	-0,20	0,30	1,29*	0,63*	0,98	0,13	-1,81	1,41

pH se dan por la presencia de los ácidos ascórbico y cítrico en el jugo de limón, que disminuyen la actividad enzimática de la polifenoloxidasas (Almeida y Nogueira, 1995).

La Figura 1 (a, b) presenta las superficies de respuesta para ζ y η con respecto a los factores A y B; y La Tabla 1 presenta las estimaciones de los efectos sobre éstas propiedades.

Los resultados obtenidos presentan valores de ζ menores (más negativos), cuando la relación pulpa/agua disminuye; siendo mucho menor con el incremento de esta relación. Esta situación corresponde a un estado coloidal estable, lo cual es coherente con emulsiones realizadas de aguacate y agua (sin aditivos), que presentaron valores de $\zeta = -37,6\text{mV} \pm 1,40$. Se considera que una emulsión es estable desde el punto de vista electrostático cuando se obtienen valores de ζ cercanos a $+30\text{mV}$ ó a -30mV . (Malvern Instruments, 2004). El potencial eléctrico en el sistema de estudio, se produce debido al incremento de la fuerza iónica del medio, generado por la ionización de las sales presentes en la pulpa del aguacate y del NaCl, y por la reducción del pH.

La presencia de la GA con mayor fracción de fase acuosa, define condiciones de mejor estabilidad de la emulsión, donde su concentración influye sobre la carga neta en el borde de la capa de Stern (Malvern Instruments, 2004). Un fenómeno similar fue observado por Wang *et al.*, (2011), donde la carga eléctrica del sistema coloidal está fuertemente influenciada por el pH final, tipo de polisacáridos y concentración de polisacáridos adicionada; y cuando la concentración de GA se incrementa a valores mayores del 2%, se presenta una absorción en la interfase, resultando en una disminución del potencial eléctrico en la capa de coiones y por ende en ζ .

Para la η , la superficie de respuesta obtenida indicó un incremento esta variable con el aumento de los factores A y B, siendo más relevante el efecto del incremento de la relación pulpa/agua. Esto último, se explica por el mayor contenido de ácidos grasos insaturados aportados por la pulpa que le confiere una mayor estructuración al sistema; resultados similares han sido reportados por Mirhosseini *et al.*, (2008), Tabilo-Munizaga *et al.*, (2005) y Freitas *et al.*, (1996) quienes indican que la η de la emulsión de aguacate es directamente proporcional a la pulpa. Por otro lado, la presencia de GA incrementa la concentración de polisacáridos en la fase acuosa, los cuales interactúan de manera preferencial con el agua actuando más como agentes texturizantes que emulsificantes, confiriéndole un mayor cuerpo a la emulsión.

CONCLUSIÓN

Los resultados indican que la viscosidad y el potencial zeta, son variables determinantes para la estabilidad de una emulsión a base de pulpa de aguacate. Las mejores condiciones de

estabilidad de la emulsión fueron obtenidas a partir de una relación pulpa/agua de 0,67, una concentración de GA del 0.4% y un tiempo de homogenización de 6'46".

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, M., and J.N. Nogueira. 1995. The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition* 47(3): 245-256.
- Elez-Martínez, P., R.C. Soliva-Fortuny, S. Gorinstein and O. Martín. 2005. Natural Antioxidants Preserve the Lipid Oxidative Stability of Minimally Processed Avocado Purée. *Journal of Food Science* 70(5): 325-329.
- Freitas, S., F. Da Silva, R. Lago and R. Qassim. 1996. Rheological behaviour of emulsions of avocado pulp emulsions. *International Journal of Food Science and Technology* 31(4): 319-325.
- Malvern Instruments, Ltda. 2004. Zetasizer Nano Series User Manual. First edition. Malvern Instrument, Ed. Worcestershire. 270p.
- McClements, D.J. 1999. *Food Emulsions Principles, Practice and Techniques*. First edition. CRC Press. Boca Raton, Florida. 363p
- Mirhosseini, H., C.P. Tan, N.S. Hamid and S. Yusof. 2008. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 315(1-3): 47-56.
- Pegg, R.B. (2001). Measurement of Primary Lipid Oxidation. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (pp. 1-15).
- Shanta, N.C, and E.A. Decker. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, 77(2): 421-424.
- Tabilo-Munizaga, G., R. Moyano, G. Barbosa-Canovas, R. Simpson and B.G. Swanson. 2005. Flow and viscoelastic properties of pressurized avocado puree. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29(3-4): 196-207.
- Wang, B., L. Wang, D. Li, B. Adhikari and J. Shi. 2011. Effect of gum Arabic on stability of oil-in-water emulsion stabilized by flaxseed and soybean protein. *Carbohydrate Polymers*, 86(1): 343-351.

Propiedades Físicas y Estructurales de Almidones de *Xanthosoma Sagittifolium*, *Arracacia Xanthorrhiza* y *Manihot Esculenta*

Physical and Structural Properties of Starches from Xanthosoma Sagittifolium, Arracacia Xanthorrhiza and Manihot Esculenta

Giraldo López, L¹., Gil Giraldo E¹., Lucas Aguirre, J.C¹. y Quintero Castaño V. D².

1 Programa de Ingeniería de alimentos Universidad del Quindío.

2 Laboratorio de diseño de nuevos productos, Programa de Química, Universidad del Quindío.
victordumar@uniquindio.edu.co

Resumen. En este trabajo se determinaron las propiedades físicas y estructurales, comparando así los almidones nativos de mafafa (*Xanthosoma sagittifolium*), arracacha blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*). La mafafa presentó un mayor poder de hinchamiento (13,56%) debido a la alta temperatura que se utilizó para este almidón (90°C), obteniendo diferencias significativas con respecto a los otros 11,11% para yuca y 11,59% para arracacha. La difracción de rayos X (XRD) determinó que el comportamiento del almidón de yuca y el almidón de mafafa presentan similitudes al patrón A (cereales), mientras que el almidón de arracacha al patrón C (tubérculos y cereales).

Palabras clave: difracción de rayos X, índice de absorción en agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento.

Abstract. In this paper the physical and structural properties were determined and compared mafafa native starches (*Xanthosoma sagittifolium*), white arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) and cassava starch (*Manihot esculenta*). The mafafa showed higher swelling power (13.56%) due to the high temperature that was used for this starch (90 °C) to obtain significant differences from the other 11.11% and 11.59% for cassava for arracacha. The X-ray diffraction (XRD) determined that the behavior of cassava and mafafa starches has similarities to the pattern A (cereals), while arracacha starch to the pattern C (cereals and tubers).

Key words: X-ray diffraction, water absorption index, water solubility index, swelling power.

INTRODUCCIÓN

El almidón es una materia prima muy útil con gran diversidad de características y propiedades funcionales, lo cual permite su utilización en una amplia gama de industrias como la de los alimentos, la farmacéutica, la cosmetológica, la textil, de adhesivos, la papelería y

producción de alcoholes. El almidón es importante como constituyente al interior de los alimentos en los que está presente, tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico. El objetivo de este trabajo fue determinar algunas propiedades físicas y comportamientos espectroscópicos de los almidones nativos de arracacha blanca, mafafa y de yuca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización funcional. las propiedades funcionales de los almidones se determinaron según la técnica descrita en la guía de análisis de producción de yuca (Aristizabal, 2007) donde se obtuvieron resultados de índice de absorción de agua (ISA), solubilidad en agua (IAA) y poder de hinchamiento (PH).

Caracterización física. Los espectros de rayos X (XRD) se obtuvieron en un difractor *Bruker D8 advance*, y los espectros infrarrojo (FTIR) se obtuvieron en un espectrofotómetro *Thermo Nicolet Avatar 320*, en ambos casos siguiendo la metodología descrita por Londoño-Restrepo et al 2014.

RESULTADOS Y ANALISIS

Caracterización funcional. De acuerdo a la Tabla 1 se observa que la mafafa tuvo un mayor poder de hinchamiento comparado con la de la arracacha y yuca y a su vez tuvo una temperatura de gelatinización más alta (90°C). Este evento térmico produce un aumento progresivo e irreversible del tamaño del granulo, generando una desorganización de la estructura del sistema. El índice de solubilidad en agua presentó valores relativamente bajos aunque la solubilidad aumenta a consecuencia del incremento de la temperatura e hinchamiento del granulo. Se observan diferencias significativas en cuanto las propiedades funcionales entre el almidón de arracacha con respecto

al almidón de mafafa, esto es un indicativo del grado de asociación existente (enlaces intergranulares) entre los polímeros del almidón (amilosa, amilopectina) (Araujo, 2004). Según Aristizábal y Sánchez (2007), el índice de absorción en agua (IAA) debe presentar un valor entre el rango 0,82 - 15,52. El almidón de mafafa obtuvo un mayor valor indicando así que este tiene la capacidad de absorber más agua en función de la temperatura.

Tabla 1. Propiedades funcionales de los almidones

Almidón	PH %	ISA g soluble / g muestra	IAA g gel / g muestra
Yuca	11,60	6,18	10,99
Arracacha	11,11	7,29	10,32
Mafafa	13,56	5,59	12,51

Caracterización física. Difracción de rayos X. el espectro de difracción de rayos X para el almidón nativo de mafafa (Figura 1) presenta similitudes al patrón propio de almidón de cereales, en los cuales sus picos máximos de difracción corresponden a los ángulos de 15,61°, 17,52° y 23,02°, comportamiento semejante a la difracción de la amilopectina y a la del almidón comercial de yuca pues sus picos máximos son 15,24° , 16,78° y 24° reportados por Lauzon *et al.*, (1995) para almidón de tacca y de malanga. Franco *et al.*, (1988), determinaron que el almidón de

yuca presenta este mismo comportamiento al igual que Manek *et al.*, (2005). Para el almidón nativo de arracacha se encuentra que sus picos máximos están ubicados en los ángulos 6,04°, 17,26° y 24,78° siendo estos definidos para modelos de una mezcla de los espectros de almidones de cereales y tubérculos (Nwokocha *et al.*, 2011).

Espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). Los resultados obtenidos en los espectros infrarrojos, presentan variaciones en la intensidad de los picos que aparecen en la longitud de onda 3300 y 3000 que corresponde a la absorción espectral del grupo hidroxilo. Estas intensidades indican que los almidones de mafafa y arracacha poseen una mayor cantidad de grupos hidroxilos libres, lo cual se ve reflejado en sus propiedades funcionales, ya que estos almidones son los que mayor capacidad de solubilidad, hinchamiento y retención de agua poseen comparado con las propiedades del almidón de yuca. Esto se ve reflejado también en los difractogramas ya que los patrones para el almidón de mafafa y arracacha corresponden a almidones ricos en amilopectina, los cuales son los que mayor cantidad de agua absorben, por tanto, los espectros de IR para mafafa y arracacha corresponden a almidones ricos en amilopectina. (Quintero *et al.*, 2012 y Restrepo-Londoño, 2014).

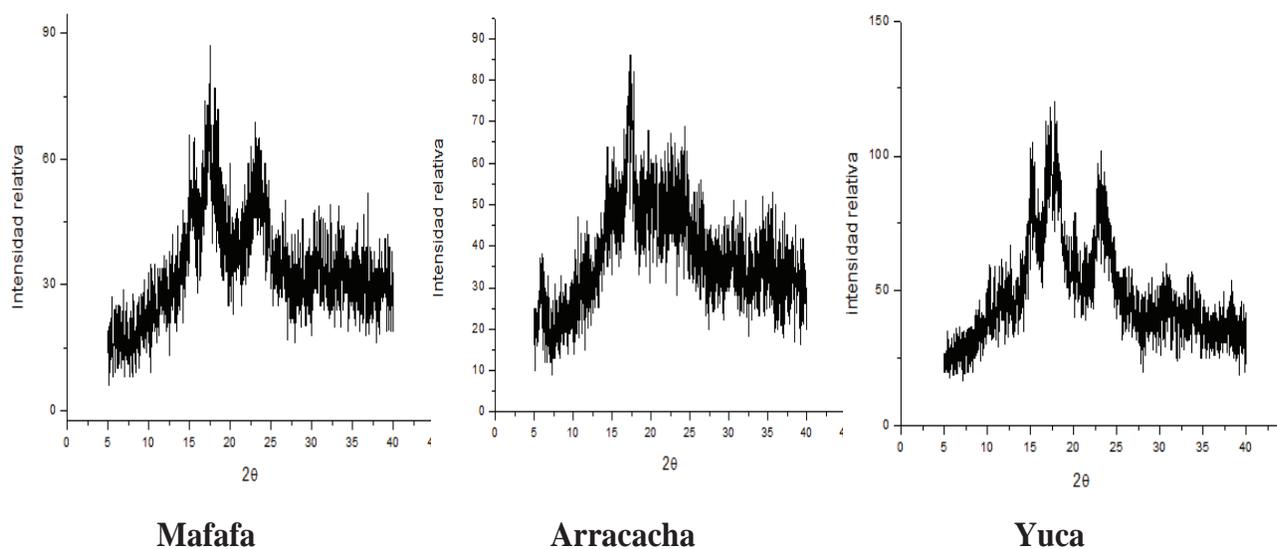


Figura 1. Espectro de difracción de rayos X de los almidones seleccionados

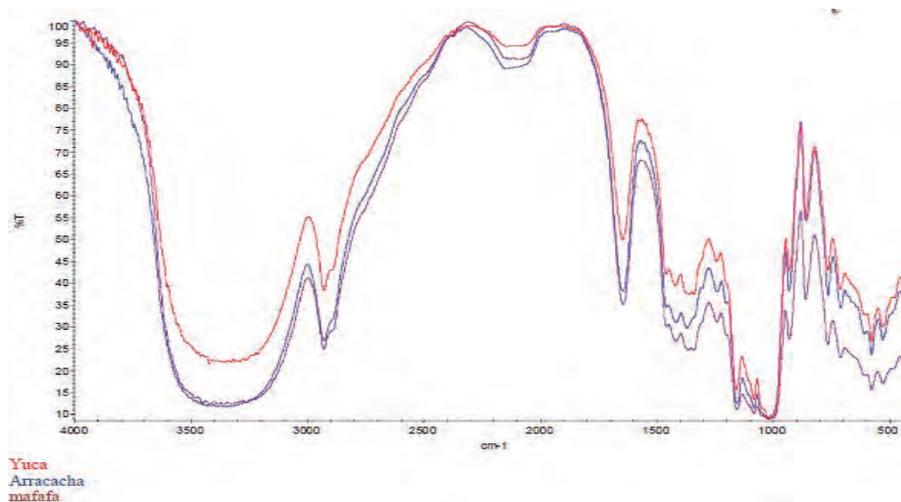


Figura 2. Espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR).

CONCLUSIONES

Las propiedades funcionales de los almidones analizados difieren significativamente. El almidón de mafafa tiene mejores características en cuanto a la retención de agua y solubilización. En cuanto a la caracterización física se determinó que en la difracción de rayos X el almidón nativo de mafafa y almidón de yuca son propios de un patrón A (cereales), mientras que para el almidón nativo de arracacha se presentó un patrón C (cereales y tubérculos). De acuerdo a la espectroscopia de infrarrojo (FTIR) se determinó que el almidón de arracacha y mafafa son muy similares, representando así una mayor cantidad de grupos hidroxilo libres (OH) en comparación con el almidón de yuca.

BIBLIOGRAFIA

- Araujo, C., M. Rincón, F. Padilla. 2004. Caracterización de almidón nativo de *Discorea bulbifera* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(2):241–245.
- Aristizábal, J. y T. Sánchez. 2007. Guía Técnica para la Producción y Análisis de Almidón de Yuca. Boletín 163 de Servicios Agrícolas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma, Italia.
- Franco, C., C. Ciacco and D. Tavares. 1988. Studies on the susceptibility of granular cassava and corn starches to enzymatic attack. II. Studies of the granular structure of starch. En: *Starch/Stärke*. 40: 29-32.
- Lauzon, R.D., K. Shiraishi, M. Yamazaki, S. Sawayama, N. Sugiyama and A. Kawabata. 1995. Physicochemical properties of cocoyam starch. *Food Hydrocolloid*, 9(2), 77–81.
- Manek, R.V., O. Kunle, O. Emeje P. Builders, R. Rao, P. Lopez, et al. 2005. Physical, thermal and sorption profile of starch obtained from *Tacca leotopentaloides*. *Starch/Stärke*, 57(2), 55–61.
- Nwokocha, L., S. Chandra and P. Williams. 2011. Structural, physicochemical and rheological characterization of *Tacca involucreta* starch, *Carbohydrate Polymers*, 86(2), 789-796.
- Londoño, S., N. Rincón, M. Contreras, A. Acosta., L. Bello, J. Lucas, V. Quintero, P. Pineda, A. Del Real and M. Rodríguez. 2014. Physicochemical, morphological, and rheological characterization of *Xanthosoma robustum* Lego-like starch, *International Journal of Biological Macromolecules*. 65: 222-228.
- Quintero, V.D., L. Aguirre y J. Giraldo. 2012. Modificación del almidón de yuca por *aspergillus niger*. *Revista Vitae*. 19(1):177 -179.

Caracterización Físico -Química de Semillas del Arbol de Pepepan (Artocarpus camansi Blanco), Cultivado en Tumaco -Nariño.

Physical–Chemical characterization of Pepepan Tree Seed, (Artocarpus camansi Blanco), Cultivated in Tumaco - Nariño.

Ángela María Triviño Arévalo;¹Nívea Cristina Garzón Gómez.²

1 Ingeniera Agrícola, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. anmtrivinoar@unal.edu.co

2 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ncgarzong@unal.edu.co

Resumen. El Pepepan (*Artocarpus camansi Blanco*) es un árbol perteneciente a las moráceas, cultivado como frutal exótico en el municipio de Tumaco, Nariño, con reconocimiento cultural en la cuenca del Pacífico. Dado el alto consumo de las semillas de esta especie entre la población tumaqueña, se evaluaron características físico – químicas de una muestra, con parámetros como dimensión, estructura, rendimiento, color, área superficial, volumen, densidad y composición química. Los resultados revelan que las semillas tienen forma irregular, peso promedio de 8,64g, siendo el 89,47% conformada por el endospermo, parte comestible; existen características físicas muy variables por la forma irregular del Pepepan, el color no presenta variación significativa. Su contenido nutricional es rico en proteína, carbohidratos y baja en grasa; la cocción da la posibilidad de modificar el nivel nutricional.

Palabras clave: *Artocarpus camansi Blanco*, propiedades físicas, composición química.

Abstract. *Pepepan (Artocarpus camansi Blanco) is a tree belonging to the moraceae, cultivated as an exotic fruit in the municipality of Tumaco, Nariño, and with cultural recognition throughout the Pacific basin. Due to the importance of the consumption of the seeds of this species between Tumaco population, physical-chemical properties of a sample were evaluated, with parameters such as size, structure, yield, color, surface area, volume, density and chemical composition. Results reveal that the seeds have an irregular shape, an average weight of 8.64g, 89.47% being formed by the endosperm, which is the edible part; there are quite variable physical characteristics in the irregular shape of the Pepepan, color does not show significant variation. Its nutritional content is rich in protein, carbohydrates and low in fat, cooking offers the possibility to modify its nutritional level.*

Key words: *Artocarpus camansi, blanco, physical properties, chemical composition.*

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país mega diverso, rico en frutas y alimentos naturales, de interés para mercados internacionales por su potencial económico. El Pepepan (*Artocarpus camansi Blanco*) morácea cultivada y reconocida de la cuenca del Pacífico (Ragone, 2001). Frutal desconocido en el ámbito nacional. Un alimento rico en vitaminas, minerales, posee por lo menos 147 aminoácidos de los cuales 5 son esenciales en cantidades comparables a los cereales y legumbres (Quijano y Arango, 1979)

El Pepepan, también conocido como breadnut, pana de pepitas, topan; crece de manera natural o cultivada en el pacífico colombiano; con amplia distribución desde Asia, hasta la Polinesia, en latitudes entre 10°N y 20°S; árboles con producción promedio de 700 frutos por año (Bennet y Nozillo, 1987). En Tumaco, Nariño las semillas son un alimento básico y de gran demanda.

En el estudio se determinaron algunas características físico-químicas, de semillas de Pepepan del municipio de Tumaco, Nariño. Los resultados, buscan motivar a la comunidad académica y empresarial, a los habitantes de Tumaco y áreas cercanas, a cultivar y trabajar en la cadena productiva del Pepepan, como una alternativa socioeconómica.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los frutos y semillas fueron recolectados en Tumaco, Nariño - Colombia, condiciones de temperatura promedio de 28°C, humedad relativa de 83,87% y 2,531 mm de precipitación anual. La muestra se obtuvo aleatoriamente, manteniendo uniformidad en tamaño, estado de sanidad y maduración. Los frutos fueron procesados, preclasificados, desinfectados y almacenados a 15°C en el laboratorio de Poscosecha de granos y semillas de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia.

Caracterización morfológica y física. Se determinaron por medio de calibrador y balanza analítica. El color de la cubierta seminal y de la semilla, se evaluó por medio de los parámetros CIEL ab reportando los resultados en a* b* y L*, adicionalmente se determinaron parámetros físicos como forma, área superficial (calibrador), volumen (Volumen desplazado), densidad (calculada), porosidad (equipo diseñado en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.), ángulo de reposo (equipo diseñado en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.), en todas las caracterizaciones se siguieron las metodologías propuesta por Ospina, 2001. Por medio de 50 repeticiones en cada determinación.

Caracterización química. Se analizaron dos muestras, en fresco y cocinado, realizando las siguientes pruebas: determinación de humedad (AOAC OfficialMethod 925.10), solidos totales (AOAC OfficialMethod 939.03), proteínas (AOAC OfficialMethod 920.152), grasa (AOAC OfficialMethod 920.39), fibra cruda(AOAC OfficialMethod 920.39) , cenizas (AOAC OfficialMethod 940.26), carbohidratos (calculados por diferencia), calorías (Factor Atwater). (Negrón, 1983)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Caracterización física del fruto de Pepepan. Frutos de Tumaco presentan una forma oval, con peso que oscila alrededor de 670 y 980 g, las características morfológicas se reportan en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Características morfológicas del Pepepan.

Variable	Media	Rendimiento (%)
Longitud (cm)	15,5 ± 0,9	---
Diámetro (cm)	11,7 ± 1,8	---
Volumen (cm ³)	1110,9 ± 0,3	---
Peso fruto (g)	783,4 ± 120,4	100,0
Peso mesocarpio (g)	315,4 ± 96,7	40,3
Peso endocarpio (g)	7,3 ± 1,6	0,9
Peso epicarpio (g)	460,6 ± 65,7	58,8
Número de Semillas por fruto	60,0 ± 12,9	---
Peso de Semilla (g)	8,6 ± 0,9	---

La mayor proporción de peso corresponde al epicarpio, un 59% del peso total. En promedio de cada fruto se pueden obtener 60 semillas con peso aproximado de 8,64 g.; los datos son comparables con resultados reportados en Venezuela y Nigeria donde se encontraron

entre 38 y 77 semillas por fruto, con un peso de 6,10 g y 8,79 g respectivamente (Nuñez, 2011; Obasuyi y Nwokoro, 2006)

Características físicas y morfológicas de la semilla del Pepepan. La semilla tiene una forma irregular, algunas con forma acorazonada, de trapecio, o esfera achatada que varía con tamaño. Resultados muestran que la longitud es la dimensión que presenta mayor variación.

Se obtuvo un ángulo de reposo de 35°, para un contenido de humedad de 15% (base seca), valor similar al café pergamino con 12% de contenido de humedad (Ospina, 2001). Se caracteriza, la parte comestible y las dos cutículas tanto la fibrosa como la delgada, los resultados se observan en la Tabla 2, donde cerca del 90% de la semilla es comestible, mientras el 10% son residuos. Los valores son comparables con Haití donde el porcentaje comestible corresponde a 80% (Ragone, 2001). La determinación del color por el método de la escala CIEL ab a* b* y l*, se determinaron los valores de la Tabla 3.

Tabla 2. Partes constitutivas del Pepepan.

Característica	Medio	Rendimiento (%)
Largo (mm)	27,0 ± 7,9	---
Espesor (mm)	13,0 ± 3,8	---
Ancho mayor (mm)	25,0 ± 4,1	---
Ancho menor	18,0 ± 4,4	---
Relación largo /ancho	2,1 ± 3,6	---
Área superficial (mm ²)	580,5 ± 91,0	---
Volumen (cm ³)	7,55 ± 5,2	---
Densidad real (kg m ⁻³)	1163 ± 0,06	---
Densidad aparente (kg/m ³)	619 ± 0,19	---
Porosidad (%)	41,75 ± 0,09	---
Angulo de Reposo.	35 ± 2,1	---
Peso Semilla (g)	8,24 ± 0,73	100
Peso Cascaras (g)	0,87 ± 0,08	10,53
Peso Endospermo (g)	7,37 ± 0,66	89,47

Tabla 3. Color del embrión y la semilla de Pepepan

Característica	a*	b*	L*
Embrión	-2,91 ± 0,13	30,58 ± 0,31	79,40 ± 0,51
Semilla	8,14 ± 1,96	14,38 ± 4,70	33,46 ± 5,18

El embrión tiene tendencia al amarillo con una luminosidad blanca muy alta, se dice que tiene tendencia al color blanco o crema con variabilidad tendiente a cero; mientras que para los colores de la semilla, se da tendencia al marrón oscuro con una alta variación.

Características químicas. Se presentan los resultados obtenidos del Pepepan en sus dos estados fresco y cocinados 45 minutos en agua.

Tabla 4. Características Químicas del Pepepan

Característica (% base húmeda)	Cocinado	Fresco
Humedad	69,9	63,5
Sólidos Totales	33,6	36,5
Proteína	6,3	4,2
Grasa	0,9	1,0
Fibra Cruda	1,5	0,8
Cenizas	1,0	1,3
Carbohidratos	23,9	29,2
Calorías (Kcal)	156,0	143,0

El contenido proteínico fue bajo (inferior al 10%). Pero se ha establecido que la calidad de la proteína es adecuada por su composición amino ácida (Quijano y Arango, 1979).

El proceso de cocción disminuyó el contenido de carbohidratos presentes, durante el proceso de cocción pueden producirse pérdidas por disolución o destrucción. (Oshodi, 1999).

Sin embargo el contenido de proteínas y de fibra cruda aumento, esto puede ser posible ya que al cocinarse la semilla con las cáscaras pueden generarse procesos de intercambio de nutrientes entre la cascara y el embrión.

CONCLUSIONES.

El fruto de Pepepan de Tumaco presenta forma ovalada con dimensiones características físicas y químicas promedio comparadas internacionalmente. La mayor parte del fruto (58,8%) corresponde a las semillas (parte comestible), cada fruto puede tener 90 semillas en su interior. El pepepan presenta un contenido nutricional importante; la cocción de la semilla brinda la posibilidad de modificar su nivel nutricional en algunos componentes como proteínas y carbohidratos.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen de manera muy especial a la Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco por su valiosa colaboración para llevar a cabo el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA.

- Bennett, F.D and C. Nozzolillo. 1987. How many seeds in a seeded breadfruit, *Artocarpus altilis* (Moraceae). *Economic Botany*.41 (3):370 -374.
- Negrón De Bravo, E. 1983. Composition of the breadnut (seeded breadfruit)" *Caribe. J. Sci.* 27: 3- 4.
- Núñez, J. 2011. Caracterización del fruto y semilla de frutopan (*Artocarpus camansi* Blanco). *Bioagro*, 23(1) :51-56, Venezuela.
- Obasuyi, J. y S. Nwokoro. 2006. "Physical and chemical characteristics of breadfruit seeds collected from three locations in Edo State, Nigeria, Pakistan". *Pakistan Journal of Nutrition* 5 (3): 212-214.
- Oshodi, A; O. Ipinmoroti y N. Fagbemi. 1999. Chemical composition, amino acid analysis and functional properties of breadnut (*Artocarpus altilis*). *Nahrung*, 43(6): 402- 405.
- Ospina, J. 2001. "Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos" Universidad Nacional de Colombia. Segunda Edición. Colombia. 5-48p.
- Quijano, J y G. Arango. 1979. The breadfruit from Colombia- a detailed chemical analysis. *Economic Botany*, New York Botanical Garden 33.
- Ragone, D. 2001. Chromosome numbers and pollen stainability of three species of Pacific Island breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae). *Amer. J. Bot.* 88(4): 693-696.

Comportamiento Térmico de Almidones de *Xanthosomasagittifolium*, *Arracaciaxanthorrhiza* y *Manihotesculenta*.

Thermal Behavior of Starches from *Xanthosomasagittifolium*, *Xanthorrhizaarracacia* and *Manihotesculenta*.

Giraldo López¹, Luisa Fernanda¹; Gil Giraldo Erika¹;
Lucas Aguirre, Juan Carlos¹; Quintero Castaño Víctor Dumar².

1 Programa de Ingeniería de alimentos Universidad del Quindío.

2 Laboratorio de diseño de nuevos productos, Programa de Química,
Universidad del Quindío. victordumar@uniquindio.edu.co

Resumen. El almidón es la biomolécula más utilizada a nivel industrial y alimentario debido a sus buenas características reológicas y térmicas. Estas propiedades varían según la especie vegetal de la cual es obtenido. En este trabajo se caracterizaron propiedades térmicas de los almidones nativos de mafafa (*xanthosoma sagittifolium*), arracacha blanca (*arracacia xanthorrhiza*) y almidón comercial de yuca (*manihot esculenta*) mediante las técnicas de calorimetría diferencial de barrido, análisis viscoamilográfico y análisis termogravimétrico. Estos almidones presentaron un pico de viscosidad de 4024,8; 4079,9; 2123 cP y una temperatura de cambio de fase de 73,71; 56,59; 61,28°C para mafafa, arracacha y yuca respectivamente. Se encontró mayor pérdida de masa, 72,66, 70,22 y 63,25% a una temperatura promedio de 314°C para los tres almidones y se evidenció un evento endotérmico con valores de 61,28; 73,71; 56,59°C para yuca, mafafa y arracacha.

Palabras clave: Análisis termogravimétrico (TGA), calorimetría diferencial de barrido (DSC), Viscoamilografía Rápida (RVA).

Abstract. Starch is the most used biomolecule at industrial and alimentary level because of its good thermal and rheological properties. These properties vary according to the plant species from which it is obtained. In this work, the thermal properties of native starches mafafa (*xanthosoma sagittifolium*), white arracacha (*xanthorrhiza Arracacia*) and commercial starch cassava (*manihot esculenta*) were characterized by the techniques of differential scanning calorimetry, rapid viscoamylographic and thermogravimetric analysis. These starches had a peak viscosity of 4024.8; 4079.9; 2123 cP and phase change temperature of 73.71; 56.59; 61.28 ° C for mafafa, white arracacha and cassava respectively. Greater mass loss, 72.66, 70.22 and 63.25% were found at an average temperature of 314 ° C for the three starches and an endothermic event was evidenced with values 61.28; 73.71; 56.59 ° C for cassava mafafa and white arracacha.

Keywords: thermogravimetric analysis (TGA), differential scanning calorimetry (DSC), rapid viscoamylographic (RVA).

INTRODUCCIÓN

El almidón es una materia prima muy útil con gran diversidad de características y propiedades funcionales lo cual permite su utilización en una amplia gama de industrias como la alimenticia (panificación, coladas, espesante de sopas instantáneas, productos enlatados, fabricación de salsas, productos dietéticos, dulces y gomas, entre otros); en farmacéutica, cosmetológica, textil, de adhesivos, papelería y producción de alcoholes; es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico. Generalmente los tipos de almidón más utilizados en las industrias son provenientes de papa, yuca y maíz. Durante un tratamiento térmico, el almidón sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura y sus propiedades fisicoquímicas, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de almidón. En este trabajo se caracterizó el comportamiento térmico de almidones nativos de arracacha blanca, mafafa y de yuca. (Lucas *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización térmica. Análisis termo gravimétrico (TGA): este análisis se realizó en un equipo TA Instruments TGA Q500, según Londoño *et al* 2014, la viscoamilografía rápida (RVA) se realizó en un equipo viscoanalizador rápido RVA-4 (Newport, Australia), siguiendo la metodología propuesta por Dufour *et al* 2012 y la calorimetría diferencial de barrido (DSC) se llevó a cabo en un equipo TA Instruments DSC-Q100, siguiendo la metodología propuesta por Lucas *et al.*, 2013.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Análisis termogravimétrico (TGA) de los almidones.

El primer cambio de masa corresponde a la humedad presente en las muestras con una reducción inicial a temperaturas por debajo de 120° C, con pérdidas de 5,71; 6,11 y 6,65% para almidón de yuca, mafafa y arracacha respectivamente; indicando así que son térmicamente estables a temperaturas inferiores a 200°C donde inicia el proceso de degradación térmica (ver Figura 1). El segundo evento térmico es donde se presenta la mayor pérdida de masa, 72,66, 70,22 y 63,25% a una temperatura promedio de 314°C para los tres almidones. En el último evento se presenta una pérdida de masa por la combustión con compuestos inorgánicos. Comportamientos similares fueron reportados por Montoya, Giraldo y Lucas (2011) donde se determinaron las tres mayores pérdidas de masa a temperaturas similares para harina de trigo y derivados de pan, lo cual indica que a esta temperatura se descompone todo el almidón presente en las muestras.

Análisis viscoamilografico (RVA) de los almidones.

La tabla 1 muestra el comportamiento de los 3 tipos de almidones, donde se observa que la yuca tiene una viscosidad máxima (2123 cP) mucho menor siendo comparada con los otros (mafafa 4024,8 cP, arracacha 4079,9 cP) al igual que la viscosidad mínima y final, esta poca diferencia entre sus viscosidades (1668,3 cP) le permite ser un almidón más estable todo lo contrario con el almidón de arracacha ya que este presenta un break Down mayor (3414,3 cP) y su temperatura de inicio de

gelatinización es menor 58,51°C en comparación con la mafafa 74,59°C, presentando una facilidad de cocción mayor 1,17 y 0,73 respectivamente. Jiménez *et al.*, (2007) reporto que almidón de yuca tuvo un menor rango de temperatura de gelatinización (60,11 a 72,67 °C), Alvis *et al.*, (2008) reportaron un valor de 63°C para almidón de yuca, Falade *et al.*, (2012) 60,5 – 65,5 ° C para almidón de malanga, Torruco *et al.*, (2007) 62,4°C para almidón de yuca y Gomand *et al.*, 2011 reportaron una viscosidad de 2650 cP para almidón de centeno.

Calorimetría diferencial de barrido (DSC) de los almidones. En la figura 2 se muestran los resultados de la calorimetría diferencial de barrido (DSC) de cada uno de los almidones (yuca, mafafa y arracacha respectivamente). La temperatura de pico (Tp) es la temperatura donde se registran los valores más altos de absorción de calor. A medida que el proceso finaliza el sistema regresa a un estado en el cual no hay cambios en la fase ni en la composición de la muestra, con valores de 61,28; 73,71; 56,59°C para yuca, mafafa y arracacha. La energía necesaria para completar el proceso se conoce como entalpía de gelatinización (Hp), obtenido valores de 3,174 J/g, 1,703 y 4,205 J/g para los respectivos almidones. Rodríguez *et al.*, 2005 reportaron para almidón de arracacha un pico de temperatura de gelatinización de 55,17°C ± 1,29; Hernández *et al.*, 2008 obtuvieron una de temperatura de 61,3 y 74,9 °C para camote y sagú Guerra *et al.*, (2008) con una temperatura de 74,81 y 71,39 °C para plátano y maíz. La temperatura de gelatinización para el almidón de arracacha es menor que la presentada por otros almidones, como yuca (61,28°C),

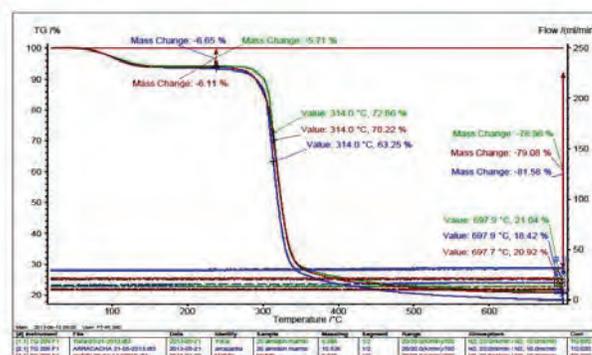


Figura 1. Análisis termogravimétrico (TGA) de los almidones.

Tabla 1. Resultados del RVA para los 3 almidones.

	Tg	μ max	μ min	Breakdown	μ fin
Yuca	63,5°C	2123cP	454,7cP	1668,3cP	872,8 cP
Mafafa	74,6°C	4024,8cP	835,9 cP	3188,9 cP	1265,8 cP a
Arracacha	58,51°C	4079,9 cP	665,6 cP	3414,3 cP	1277,9

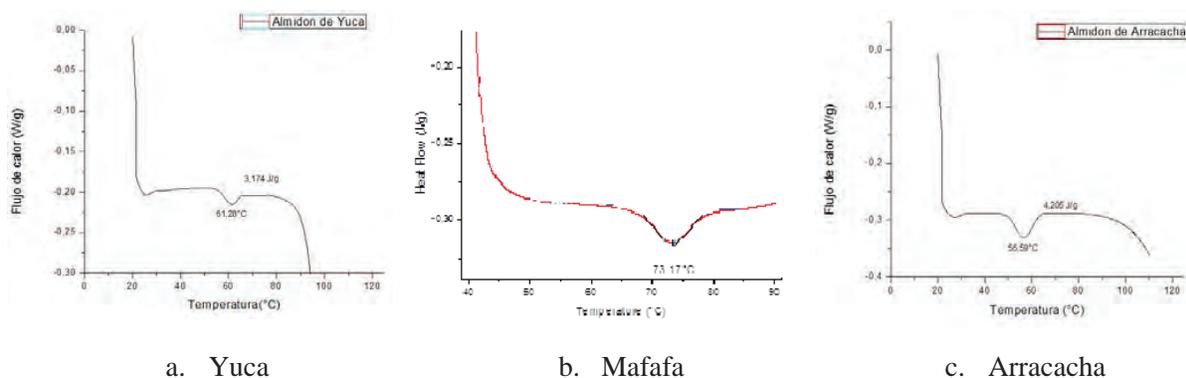


Figura 2. Calorimetría diferencial de barrido de los almidones a. Yuca, b. Mafafa y c. Arracacha blanca.

plátano o maíz (74,81°C y 71,39 °C) (Guerra *et al.*, 2008), reflejando una menor estabilidad y energía de red de su estructura cristalina, que se evidencia en la baja entalpía asociada a la gelatinización.

CONCLUSIONES

El almidón de Mafafa presenta características térmicas particulares ya que genera una viscosidad mayor con respecto a los otros almidones en estudio, además de que presenta una temperatura de cambio de fase mucho mayor también. Este permite afirmar que este almidón puede ser usado como aditivo en la industria alimentaria como agente emulsificante, o como agente retenedor de agua para productos cárnicos ya que genera una mayor viscosidad y una mayor estabilización de la pasta.

BIBLIOGRAFIA

Falade, K., and A. Okafor Chidinma. 2013. Physicochemical properties of five cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) starches. *Food Hydrocolloids* 1(30) : 173-181

Gomand S.V., T. Verwimp, H. Goesart, J.A. Delcour. 2011. Structural and physicochemical characterisation of rye starch, *Carbohydrate Research* 17(346): 2727-2735

Hernández M., J. Torruco, L. Chel y A. Betancur. 2008. Caracterización Físicoquímica de Almidones de Tubérculos Cultivados en la Península de Yucatán, México. *Food Science and technology* 28(3): 718-726

Jiménez J., J.A. Salazar, E.G Ramos. 2007. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches, *Carbohydrate Polymers*, 68(4): 679-686.

Montoya J y G. Giraldo. 2010. Caracterización físicoquímica de harina de trigo, masa y pan, Laboratorio de nuevos productos, Universidad del Quindío Armenia (Colombia).

Rodríguez D, M. Espitia, Y. Caicedo, Y. Cordoba, Y. Baena y C. Mora. 2005 caracterización de algunas propiedades físicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*arracacia xanthorrhiza*), *Revista colombiana de Ciencias Químico farmacéuticas* 34(2):140-146

Torruco J, D. Betancur. 2007. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch, *Food Chemistry* 101(4):1319-1326.

Elaboración y Caracterización de Películas Comestibles a partir de Almidón de Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza Bancroft*)

Production and Characterization of Arracacha (Arracacia Xanthorrhiza Bancroft) Starch Edible Films

Elkyn Bohórquez^{1*}; Pablo Rodríguez²

1* Ingeniero de alimentos, Facultad de Ciencias Básicas, Administración e Ingeniería. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá. Universidad Incca de Colombia. Bogotá. ebohorqueza@uincca.edu.co

2. Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. perodriguezf@unal.edu.co. pabloerf@gmail.com.

Resumen. El objetivo de la investigación fue obtener películas comestibles a partir de almidón de arracacha de dos orígenes, las películas compuestas de almidón de arracacha, glicerol, lípido; fueron sometidas a pruebas de permeabilidad al vapor de agua (PVA). Mostrando que la adición de lípido redujo la (PVA) para las dos muestras provenientes del municipio de Paipa y municipio Boyacá del departamento de Boyacá.

Palabras clave: Película comestible, almidón, permeabilidad, lípido.

Abstract. The aim of this research was to get edible films from two types of arracacha starch. The films compounded by arracacha starch, glicerol and lipid were subjected to water vapour permeability (WVP) test. It was showed that the addition of lipid reduced the WVP for the two samples from Paipa city and Boyacá city from Boyacá town.

Key Words: Edible films, starch, permeability, lipid.

INTRODUCCIÓN

Las películas comestibles se definen como productos comestibles que forman una fina capa separada del alimento (Navarro, 2010), constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimentos, ayudan a mantener la integridad estructural de producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar de vehículo de aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.) (Shellhammer *et al.*, 1997) y Bourlieu *et al.*, (2010), pueden ser elaboradas a partir de polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas, además las formulaciones pueden incluir plastificantes y emulsificantes que mejoran las propiedades mecánicas los cuales presentan bondades de biodegradabilidad, disponibilidad, comestibilidad, apariencia estética, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de Bourlieu *et al.*, (2010). Este trabajo tiene como objetivo la elaboración y caracterización de películas

comestibles a partir de almidón de arracacha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El almidón fue extraído de arracacha blanca proveniente de los municipios de Paipa (corregimiento Palermo) y Boyacá (Vereda Rupaguata), Boyacá, Colombia. Se empleó glicerol como plastificante; aceite de canola y girasol comercial y agua destilada como agente dispersante. Las películas fueron elaboradas siguiendo la metodología descrita por Tapia *et al.*, (2012), la formulación fue almidón (5%), glicerol (2,75%), y lípido se estudiaron 3 concentraciones (0,2; 0,4; 0,6%). El espesor de las películas se midió por duplicado con un micrómetro con una escala de calibración de 0,25 mm y de 0,001 mm de precisión. La permeabilidad al vapor de agua se determinó gravimétricamente a 20°C, utilizando una modificación del método estándar de la ASTM Lee *et al.*, (2004). Para identificar el efecto de la concentración de lípido de las películas comestibles sobre las variables respuesta se aplicó un análisis de ANAVA de una vía, utilizando un diseño al azar en bloques, con comparaciones múltiples Fischer LSD con ($P \leq 0,05$), utilizando el software STATGRAPHICS CENTURION XVI ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades de barrera de las películas varían con el espesor y el área expuesta el espesor según estudios varia de 0,25 -0,35 mm en películas hechas a base de almidones nativos, en este trabajo hubo una variación de 0,20 – 0,281 mm con más del 50% de los datos situados en 0,25 mm. En la figura 1 se observa que en los controles no hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$), mientras que en la mayoría de tratamientos se encontraron diferencias. Los resultados aquí presentados son inferiores a los reportados en la literatura Bourlieu *et al.*, (2010). Esto se puede atribuir a la inclusión del lípido en la formulación.

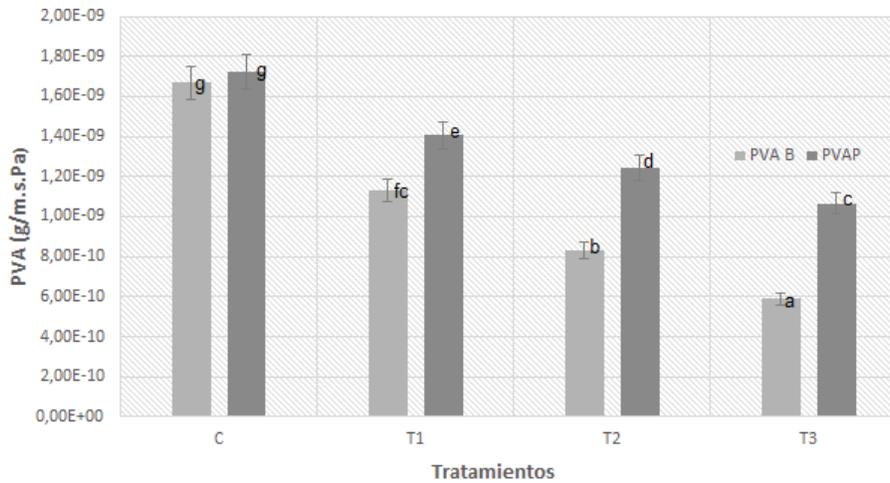


Figura 1. Permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles de almidón (*Arracacia xanthorrhiza*) Municipio de Paipa (PVAP y Boyacá (PVAB).

CB: control Boyacá lípido 0%, T1B: tratamiento Boyacá con lípido a 0.2%, T2B: tratamiento Boyacá con lípido a 0.4%, T3B: tratamiento Boyacá con lípido a 0.6%, CP: control Paipa, T1P: tratamiento Paipa con lípido a 0.2%, T2P: tratamiento Paipa con lípido a 0.4%, T3P: tratamiento Paipa con lípido a 0.6%. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($n=2$, $P \leq 0,05$).

CONCLUSIÓN

El uso de 0,6% de lípido dentro de la formulación de películas comestibles mejora significativamente las propiedades de barrera, reduciendo la permeabilidad al vapor de agua (PVA).

BIBLIOGRAFÍA

Bourlieu, C., V. Guillard, M. Ferreira and H. Powell, 2010. Effect of cooling rate on the structural and moisture barrier properties of high and low melting point fats, *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 87(2): 45-133.

Lee, K.Y., J. Shim, and H.G. Lee. 2004. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymers*. 56 (2): 4-251.

Pastor Navarro C. 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 270p.

Shellhammer, T. and J. Krochta. 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount, *Journal of Food Science*. 62(2): 4-390.

Tapia, M. and E. Pérez. 2010. Some properties of starch and starch edible films from under-utilized roots and tubers from the Venezuelan Amazons, *Journal of Cellular Plastics*. 48(6): 526-544.

Quantificación de Selenio por Espectrometría de Absorción Atómica en Termoformados y Películas Flexibles Biodegradables

Quantification of Selenium by Atomic Absorption Spectrometry in Flexible Thermoformed and Biodegradable Films

Maite Rada Mendoza¹, Lila Marcela Claros², Olga Lucía Hoyos S.³

1 Química. M.Sc. Química. Dr. Ciencias Química. Profesor titular. Departamento de Química. Grupo de Investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70. Popayán. Colombia. mrada@unicauca.edu.co

2 Química. Departamento de Química. Grupo de Investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70.

3 Licenciada en Biología y Química. M.Sc. Química. Dr. Ciencias Química. Docente titular. Departamento de Química. Grupo de Investigación QPN. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70. Popayán. Colombia.

Resumen. Se determinó la concentración de selenio en 7 muestras de termoformados y 6 de películas flexibles biodegradables elaboradas a partir de yuca, por absorción atómica con generador de hidruros; el método de cuantificación fue curva de calibración a 196,0 nm. Se optimizó el proceso de digestión ácida mediante reflujo ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$, relación 3:1) y se estandarizaron los parámetros de calidad estadística Sensibilidad, precisión, exactitud, límites de detección y cuantificación. Los resultados fueron analizados usando SPSS. Las concentraciones de Selenio en termoformados y películas flexibles fueron inferiores a 63,0 y 7,0 $\mu\text{g/L}$, respectivamente y no son perjudiciales para su uso en contacto con alimentos. No existe una normativa vigente que establezca los valores permitidos de Selenio para los biopolímeros analizados.

Palabras clave: Biopolímeros, yuca, absorción atómica, selenio.

Abstract. The selenium concentration of 7 thermoformed and 6 biodegradable flexible films samples from cassava were evaluated by atomic absorption with hydride generator. The calibration curve at 196.0 nm was the quantification method. The acid digestion with reflux was optimized ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$, ratio 3:1) and the statistical quality parameters were standardized (Sensitivity, precision, accuracy, detection and quantification limit). The results were analyzed using SPSS. Selenium concentrations in thermoformed and biodegradable films were below 63.0 and 7.0 $\mu\text{g/L}$, respectively and there are not harmful for use in contact with foods. There is no current legislation to establish the permissible values of Selenium for the biopolymers analyzed.

Key Words: Biopolymers, cassava, atomic absorption, selenium.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de termoformados y películas flexibles biodegradables a partir de compuestos naturales, conciencia hacia la eco-amistad, ha venido desarrollándose desde la década de los 90's como una alternativa industrial, con el objeto de sustituir los plásticos sintéticos, ya que estos una vez desechados, no se degradan, causando así un gran problema ambiental (Navia *et al.*, 2010; Idodo-Umeh and Ogbeibu, 2010).

Las materias primas (harina y almidón de yuca, entre otras), utilizadas para la fabricación de los polímeros biodegradables deben ser, no tóxicas, con adecuadas propiedades fisicoquímicas, organolépticas, reológicas y de degradabilidad (ya que serán empleados para el empaque de productos alimenticios), ambientalmente asimilables, e inocuas. Sin embargo, durante su obtención y/o en los procesos de transformación, pueden adquirir una posible contaminación (Obanijesu y Olajide, 2009; Bakkali *et al.*, 2009) con metales como el selenio, quien tiene la ventaja de poseer propiedades antioxidantes, reducir la cantidad de peróxidos e hidroperóxidos, pero que podría ser transferido a los alimentos y ser acumulado en los organismos vivos ocasionando selenosis, por lo cual se hace necesario cuantificar su contenido (Navarro y Cabrera, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra y preparación. Los 7 termoformados y 6 películas flexibles, fueron elaborados por el grupo CYTBIA de la Universidad del Cauca. Su tamaño de partícula fue reducido mediante métodos mecánicos de macerado (termoformados) y ruptura manual (películas flexibles). Además de estas muestras, fueron analizadas las materias primas.

Digestión ácida con reflujo. Se optimizó el peso de la muestra ($\pm 1,0000$ g), la proporción (1:1, 1:3 y 3:1) en la mezcla de ácidos ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$), la temperatura (35, 50 y 70°C) y el tiempo (0,25, 0,33, 1, 2 y 3 horas) de digestión. Ya digeridas, se filtraron a través de un crisol y se almacenaron en recipientes de polietileno a 4°C hasta su análisis posterior.

Estandarización y cuantificación de Selenio. Se empleó un espectrómetro de absorción atómica Thermo AA S4 con generador de hidruros VP100, utilizando llama de aire-acetileno a 196,0 nm. Para calcular el límite de detección y de cuantificación, se prepararon 7 curvas de calibración (IUPAC, 1995; Mocák *et al.*, 2009). Para evaluar el intervalo lineal, se preparó una curva de calibración con un estándar puro comercial de 1000 ppm (Merck), en el intervalo de 2,0 a 20,0 $\mu\text{g/L}$ de Se en una solución de HCl al 0,2%; la sensibilidad de calibración se determinó por la pendiente de la curva de calibración. La precisión se evaluó a dos niveles: la precisión intermedia y la repetibilidad. La exactitud del método de extracción se evaluó como el porcentaje de recuperación, adicionando cantidades conocidas de un estándar de Se (1000 $\mu\text{g/L}$) a la muestra (NATAIMA 31) antes del proceso de digestión. Adicionalmente, se evaluó la estabilidad de un estándar de 12,0 $\mu\text{g/L}$ de Se y de una muestra de termoformado (NATAIMA 31), durante diez días. Los análisis fueron realizados por cuadruplicado y corresponden a las concentraciones promedio en partes por billón.

Estadística. Los empleó el programa estadístico SPSS (versión 11,5) para Windows, empleando las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene, ANOVA de un factor, correlación

de Pearson, coeficiente de determinación y el análisis de relación para cada una de las curvas de calibración preparadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la concentración de Se con la variación en la relación de la mezcla de los ácidos a la misma temperatura, siendo mayor la concentración con la relación 3:1 de $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ a 70°C durante 3 horas para los termoformados y 50°C durante 0,33 horas para las películas flexibles. El límite de detección fue de 0,77 $\mu\text{g/L}$ y el de cuantificación de 1,91 $\mu\text{g/L}$, calculados como la cantidad necesaria para obtener un valor de 3 y 10 en la relación señal/ruido, respectivamente. La curva de calibración fue lineal en el rango de 2,0 a 20,0 $\mu\text{g/L}$, con una ecuación de la recta promedio de $y = 0,0054x - 0,0025$, y un R^2 de 0,9959.

La precisión intermedia, evaluada estadísticamente con las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene y ANOVA de un factor, por la inyección de los estándares de las 7 curvas de calibración durante 7 días consecutivos, muestra que no hay diferencias significativas entre ellas, con una ecuación de la recta promedio $y = 0,0063x - 0,0013$, y un R^2 de 0,989. La repetibilidad del método completo, incluyendo la digestión, preparación de la muestra y análisis por absorción atómica, fue determinado analizando 5 curvas de calibración obtenidas en el mismo día, arrojando una ecuación de la recta promedio $y = 0,0063x - 0,00125$, con un R^2 de 0,995. No se obtuvieron diferencias significativas entre los estándares, y las desviaciones estándar relativas fueron inferiores al 2,1%.

Tabla 1. Concentración ($\pm s$) de Se (N=4) en muestras de termoformados y películas flexibles biodegradables elaboradas a partir de yuca.

Termoformado	Concentración ($\mu\text{g/L}$)	Película Flexible	Concentración ($\mu\text{g/L}$)
MBRA-383	2,60 ($\pm 0,21$)	SM 707-17 Nativo	2,01 ($\pm 0,20$)
MPER-183	3,73 ($\pm 0,18$)	SM 707-17 Hidrolizado	6,12 ($\pm 0,11$)
CM 523-7	N.D.	SM 1498-4 Nativo	N.D.
CM 7951-5	N.D.	SM 1498-4 Hidrolizado	N.D.
CM 4574-7	N.D.	CM 7138-7 Nativo	3,08 ($\pm 0,15$)
NATAIMA 31	62,03 ($\pm 0,13$)	CM 7138-7 Hidrolizado	2,43 ($\pm 0,02$)
HMC 1	N.D.		

El estándar de 12,0 $\mu\text{g/L}$ de Selenio fue estable durante 10 días, mientras que el termoformado NATAIMA 31 no. La exactitud del método, incluyendo la digestión, preparación de la muestra y análisis por absorción atómica, fue de 99,31% (con una desviación estándar inferior a 0,033).

Ya estandarizada la técnica analítica, se implementó la determinación de Se ($\mu\text{g/L}$) en las muestras, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 1.

Para conocer la procedencia de la concentración de Se, se realizó su determinación en las materias primas (harinas, almidones y fibra de fique), obteniéndose 0,15, 0,98 y 10,15 $\mu\text{g Se/L}$ en las harinas con que se prepararon las muestras de *MBRA-383*, *MPER-183* y NATAIMA 31 y 1,02, 1,28, 1,54 y 0,96 $\mu\text{g/L}$ en los almidones con que se prepararon las muestras SM 707-17 nativo e hidrolizado y CM 7138-7 nativo e hidrolizado; las demás concentraciones fueron no detectables. El Se encontrado, proviene de las materias primas, el cual puede llegar a éstas a través del suelo, y de gases y partículas liberados en las erupciones volcánicas (Inhat, 1987); sin embargo, aunque no hay reporte del análisis de Se en este tipo de muestras o en muestras similares, los valores encontrados indican que estos materiales no causarán selenosis y podrán ser empleados como envoltorios y contenedores de alimentos sin riesgos para el consumidor.

CONCLUSIONES

Los parámetros de calidad estadística evaluados, permitieron obtener un método analítico estandarizado, sensible y preciso, el cual nos da un criterio de confianza para su implementación en la determinación de Se en polímeros biodegradables.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca (Grupos BICAMSA, QPN, Reología), al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y al CREPIC, por la financiación de los proyectos que enmarcaron este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bakkali, K., N. Ramos, B. Souhail and E. Ballesteros. 2009. Characterization of trace metals in vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry after closed vessel microwave digestion. *Food Chemistry* 116: 590-594.
- Idodo-Umeh, G. and A.E. Ogbeibu. 2010. Bioaccumulation of the Heavy Metals in Cassava Tubers and Plantain Fruits Grown in Soils Impacted with Petroleum and Non-Petroleum Activities. *Research Journal of Environmental Sciences* 4: 33-41.
- Inhat, M. 1987. Occurrence and Distribution of Selenium. Ed. CRC PRESS. Boca Ratón. FL. pp. 244-262.
- Mocák, J., I. Janiga and E. Rábarová. 2009. Evaluation of IUPAC limit of detection and iso minimum detectable value electrochemical determination of lead. *Nova Biotechnologica* 9: 91-100.
- Navarro-Alarcon, M. and C. Cabrera-Vique. 2008. Selenium in food and the human body: A review. *Science of the total environment* 400: 1-3.
- Navia, D., H. Villada y G. Torres. 2010. Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopía óptica de alta resolución (MOAR). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8 (2): 79-85.
- Obanijesu, E. and J. Olajide. 2009. Trace Metal Pollution Study on Cassava Flour's Roadside Drying Technique in Nigeria. *Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World* 1: 333-339.
- Ruiz, G., C. Montoya and M. Paniagua. 2009. Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca. *Revista EIA* 12: 67-78
- IUPAC. 1995. Nomenclature in Evaluation of Analytical Methods including Detection and Quantification Capabilities. In: *Pure and Applied Chemistry* 67: 1699-1723.

Efecto del Secado Convectivo Sobre el Encogimiento de Estrellas de Carambolo (*Averrhoa carambola*)

Effect of Convective Drying on Shrinkage of Carambola Stars (*Averrhoa carambola*)

Nidia Casas Forero¹, Adriana Espinosa Vargas², Sirleny González³

1 Ingeniera de Producción Agroindustrial. Magister en Diseño y Gestión de Procesos. Docente Programa Ingeniería de Alimentos. Uniagraria, Bogotá. Colombia. casas.nidia@uniagraria.edu.co

2 Estudiante Ingeniería de Alimentos. Uniagraria. Bogotá. Colombia. espinosa.adriana@uniagraria.edu.co

3 Estudiante Ingeniería de Alimentos– Uniagraria. Bogotá. Colombia. gonzalez.sirleny@uniagraria.edu.co

Resumen. El encogimiento de tejidos es un fenómeno físico característico de productos deshidratados, y su nivel de cambio está relacionado con la pérdida de agua durante el secado. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la temperatura de secado convectivo: 60 y 70°C; y su influencia en el nivel de encogimiento de estrellas de carambolo en dos espesores iniciales: 5 y 10 mm. La evaluación del encogimiento se realizó utilizando la relación A/A_0 , donde A_0 y A es el área original y final de las estrellas durante el secado, respectivamente. Los resultados indican que la velocidad de pérdida de humedad es mayor en relación al incremento de la temperatura y su disminución en el espesor, siendo relacionado con el nivel de encogimiento, con valores entre 55 a 62%. De las condiciones de deshidratación empleadas, la temperatura de secado a 70°C y la muestra con 5mm de espesor, fue la que mejores resultados obtuvo con relación a menor encogimiento con mayor pérdida de humedad.

Palabras clave: Índice de encogimiento, velocidad de secado.

Abstract. The shrinkage of tissues is a characteristic physical phenomenon of dehydrated products, and its level of change is related to the loss of water during drying. The aim of this study is to evaluate the effect of convective drying temperature: 60 and 70°C; and their influence on the level of shrinkage of carambola stars in two initial thicknesses: 5 and 10 mm. The evaluation was performed using shrink ratio A/A_0 where A_0 and A are the original and final area of the stars during drying, respectively. The results indicate that the rate of moisture loss is greater in relation to the increase in temperature and decrease in thickness, being related to the level of shrinkage, with values between 55 to 62%. Between the dehydration conditions employed, the drying temperature to 70°C and the sample with thicknesses 5 mm, were the best performing relative to low shrinkage with more moisture loss.

Key words: Index shrinkage, drying speed.

INTRODUCCIÓN.

El carambolo *Averrhoa carambola* L. es una baya carnosa, de superficie cerosa, y considerada fruta exótica en los países tropicales, la cual en su corte transversal presenta la forma de estrella con 5 puntas. La pulpa tiene un color amarillo, translúcida, crujiente y jugosa (Tello, 2002), siendo altamente apetecida por sus características sensoriales.

El secado es una alternativa de conservación que permite aumentar la vida útil del producto, sin embargo este proceso provoca ciertos cambios físicos, químicos y sensoriales, a consecuencia del estrés térmico e hídrico al que se ve sometido el tejido vegetal durante el proceso. El grado en que ocurren estos cambios depende de la composición del alimento y de condiciones de secado (Pérez, 2010). Numerosos estudios han empleado el análisis de imágenes para caracterizar los cambios físicos en función de parámetros como volumen y área, en frutas deshidratadas como piña, mango, manzana y plátano, en los que se han mostrado una correlación entre las variables de encogimiento y el contenido de humedad (Sturma, *et al.*, 2014, Yan, *et al.*, 2007). Siendo así este trabajo pretende evaluar el efecto del secado convectivo sobre el índice de encogimiento (A/A_0) de estrellas de carambolo, como indicador de evaluación del proceso de secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Carambolo *Averrhoa carambola* obtenido del mercado local, se almacenó a temperatura ambiente 16°C hasta su uso por máximo 48 horas. El carambolo fue pelado y cortado transversalmente con dos espesores: 5 y 10 mm. Las muestras fueron sometidas a secado por convección con aire caliente durante 8 horas a dos temperaturas: 60 y 70°C, empleando un horno de convección forzada a gas (Javar®). El peso fue registrado cada hora empleando una balanza.

El fenómeno de encogimiento, se monitoreo a través del cambio en el tamaño de las muestras durante el secado, obteniendo

imágenes de estas cada hora utilizando una cámara digital Panasonic® Modelo DMC – ZS30. Las imágenes capturadas se procesaron con el software ImageJ® versión 1.48q, convirtiendo la imagen original a escala de grises, y se binarizó para destacar los contornos de la estrellas de carambolo. Se analizaron 24 estrellas por tratamiento.

Los experimentos se realizaron por triplicado y los datos obtenidos se expresaron en términos de media \pm desviación estándar. El análisis estadístico se realizó con una prueba de significancia ANOVA con un $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinética de secado. El comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo de secado para las estrellas de carambolo Figura 1, indica que la pérdida de humedad es mayor en las muestras con menor espesor y a una temperatura de 70°C. Este efecto puede ser atribuido a la rápida redistribución de la humedad y a la migración hacia la superficie de la muestra en la etapa inicial de secado como consecuencia del aumento del calor sensible adquirido a una mayor temperatura del aire, generando un aumento en la tasa de evaporación de humedad de la superficie de la muestra (Hincapié, *et al.*, 2011). Así mismo, se evidencia que al principio del secado hay una mayor velocidad de extracción de agua, debido a la alta disponibilidad de agua, siendo en mayor porcentaje el agua libre, que tiene

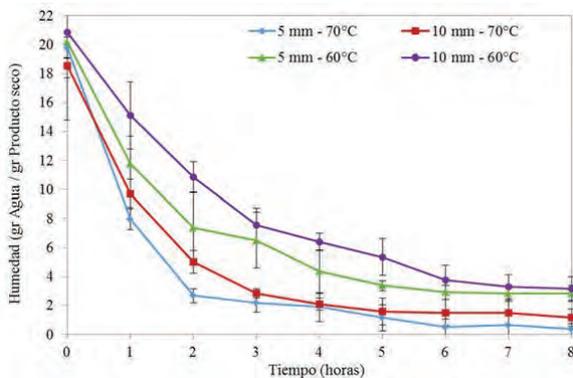


Figura 1. Cinética de secado de estrellas de carambolo a 60 y 70 °C

Encogimiento. En la Figura 2, se muestran una galería de imágenes de la estrella de carambolo durante la deshidratación, donde se evidencia los cambios en el tamaño de la muestra encogimiento, además se observa la disminución del área normalizada (A/A_0) durante el tiempo de deshidratación, presentándose menor cambio en las muestras de 5mm de espesor, debido a que durante la eliminación del agua libre se forma la costra de secado, haciendo que los tejidos se vuelven más rígidos evitando su contracción. El nivel de reducción en

el área proyectada final para las cuatro condiciones de secado oscila entre un 55 y 62% del valor original, típico del proceso de secado en condiciones medianas-altas de temperatura (Santacruz-Vásquez, *et al.*, 2013). La temperatura de secado influyó significativamente (ANOVA $p < 0,05$) en la reducción del tamaño de las muestras durante las primeras 5 horas. A partir de esta hora las variaciones en el encogimiento para los cuatro tratamientos no son estadísticamente significativos. Este comportamiento puede ser atribuido a que durante el proceso de deshidratación se provoca un endurecimiento superficial, generando mayor rigidez en la muestra y un subsecuente incremento de resistencia al cambio de área en su estructura (Santacruz-Vásquez, *et al.*, 2013). Además la aplicación de altas temperaturas aumenta las tensiones internas, lo cual conduce a una estabilización mecánica de la superficie (Sturma, *et al.*, 2014).

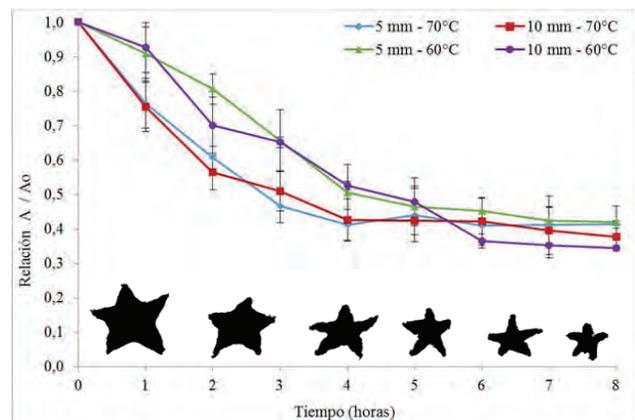


Figura 2. Encogimiento (A/A_0) de estrellas de carambolo durante el secado a 60 y 70 °C

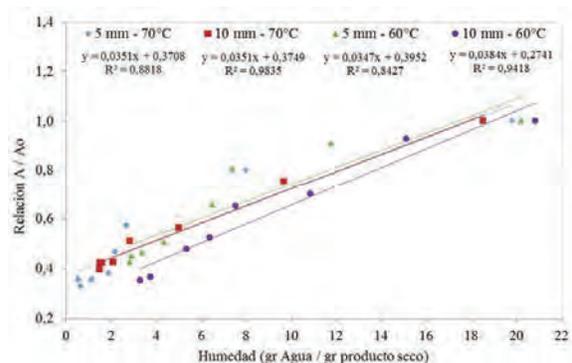


Figura 3. Correlación entre encogimiento (A/A_0) y la humedad de estrellas de carambolo

Correlación entre encogimiento y velocidad de secado. Al graficar la humedad con respecto al índice de encogimiento Figura 3, se evidencia una correlación lineal para todos los tratamientos, lo cual evidencia que al removerse el agua de

la fruta, se produce un desequilibrio de presión entre la parte interna y externa del material, conduciendo al encogimiento o colapso de la estructura y cambios en la forma (Pérez, 2010).

CONCLUSIONES

El nivel de encogimiento de las muestras de carambolo está directamente relacionado con la velocidad de pérdida de humedad, siendo la condición de secado a 70°C y espesor de la muestra de 5mm de espesor, mayor pérdida de humedad y menor nivel de encogimiento, lo cual favorece la calidad final del producto y su estabilidad durante el tiempo de almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

Hincapié, G., J. Barajas y Z. Arias. 2011. Evaluación del secado por convección de la guayaba *Psidium guajava* L. variedad manzana. Investigaciones Aplicadas 5(2): 92-103

Pérez, C. 2010. Estudio comparativo de la deshidratación de cubos de zanahoria en lecho por fuente de una y dos etapas. Tesis de Maestría en Ciencia en Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. Escuela nacional de ciencias biológicas. México. 143p.

Santacruz –Vázquez C., S. Toxqui-López y J. Laguna-Cortés. 2013. Cambios en la textura de la superficie de esferas de melón *Cucumis melo cantalupensis* durante el secado por fluidización. VITAE 20(3): 161-171

Sturman, B., A. Nunez y W. Hofacker. 2014. Influence of process control strategies on drying kinetics, colour and shrinkage of air dried apples. Applied Thermal Engineering 62(2): 455-460

Tello, O., R. García and O. Vásquez. 2002. Conservación de *Averrhoa carambola* "Carambola" por azúcar y calor. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria 2(1): 49-58

Yan, Z., J.M. Sousa-Gallagher and A.R.F. Oliveira. 2007. Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. Journal of Food Engineering 83(3): 430-440.

Extracción y Caracterización de Pectinas a Partir del Fruto de Limón Swinglea (*Swinglea glutinosa*).

Pectins Extraction and Characterization of Fruit from Limon Swinglea (Swinglea glutinosa).

Liliana Sotelo¹; Sindy Emeri²; Guillermo Arrazola³; Armando Alvis⁴

1 Joven Investigadora, M.Sc (c). Facultad de Ingenierías, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. liansoc17@hotmail.com

2 Ingeniera de Alimentos. sindyemeri@hotmail.com

3 Profesor titular. Facultad de Ingenierías, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. guillermo.arrazola@ua.es

4 Profesor titular. Facultad de Ingenierías, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. aalvis2@hotmail.com

Resumen. El objetivo de este trabajo fue la extracción de pectina al limón *Swinglea* mediante la técnica de hidrólisis ácida a dos partes del fruto cáscara y albedo, teniendo en cuenta 3 índices de madurez S1 (7,28%), S2 (3,96%), S3 (2,38%). Los resultados fueron expresados en porcentaje (peso/peso), evaluándose los rendimientos en base húmeda para cada índice de madurez en las partes del fruto cáscara S1c (0,27%), S2c (0,50%), S3c (0,54%) y albedo S1a (7,47%), S2a (12,93%), S3a (28,57%). Estadísticamente se pudo comprobar que no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos para la cáscara; Entre los resultados obtenidos para la cáscara y el albedo hay diferencias significativas y en el albedo se obtienen resultados significativamente diferentes entre los 3 índices de madurez, siendo S3 el de mayor valor. Al mayor rendimientos S3a se le realizaron análisis fisicoquímicos: rendimientos en base seca humedad 5,43%, cenizas 0,56%, grado de esterificación 38,97% contenido de ácido galacturónico 26,40%.

Palabras clave: Limón, pectina, índice de madurez, rendimiento.

Abstract. The aim of this work was the extraction of pectin from lemon *Swinglea* by acid hydrolysis technique to two parts of the fruit rind and albedo, considering three maturity indices S1 (7.28 %), S2 (3.96 %), S3 (2.38 %). The results were expressed in percentage (w / w), evaluating performance on a wet basis for each index of maturity of the fruit rind parts S1c (0.27 %), S2c (0.50%), S3c (0.54%) and S1a albedo (7.47%), S2a (12.93 %), S3a (28.57%). Statistically it was found no significant differences between the results obtained for the rind. Between the results obtained for the peel and albedo there are significant differences and in albedo there were significant different results between the 3 indices of maturity, being that S3 was the greater value. At higher yields S3a physicochemical analyzes would be performed: yield 2.38 % on dry basis, 6.5% moisture, 5.43% ash , 38.97 % degree of esterification galacturonic acid content 26.40% .

Key words: Lemon, pectin, maturity index, yields.

INTRODUCCIÓN

El limón Swinglea (*Swinglea glutinosa*), es una especie que se ha adaptado exitosamente a las condiciones agroecológicas del departamento de Córdoba, a razón de esto la siembra oscila en 2000 hectáreas, cuya función es actuar como cerco vivo, este en épocas de cosecha produce un volumen considerable de frutos, que en la actualidad no tienen ninguna utilidad (Díaz y Ortega, 2003). Las sustancias pécticas comprenden un grupo extenso de polisacáridos vegetales cuya estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos α -D- (1.4), en la cual algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal, se encuentran asociados con otros hidratos de carbono, principalmente con hemicelulosas, en las paredes celulares de los vegetales y son responsables de la textura de algunos productos alimentos. (Badui, 2006). Las pectinas están clasificadas como de alto metoxilo (HM) y bajo metoxilo (LM), dependiendo del grado de esterificación. (Ahmed, 1981). El objetivo general de esta investigación es extraer y caracterizar pectinas a partir del fruto de limonswinglea (*Swinglea glutinosa*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de limón Swinglea provenientes de las cercas de la Universidad de Córdoba sede Berástegui, el método de extracción fue hidrólisis ácida, donde tanto cáscaras como albedos de cada índice de madurez se someten a un proceso de hidrólisis y posterior precipitación, A partir de la cáscara y albedo de los frutos clasificados por índice de madurez, teniendo como parámetro color se tomó 30g de muestra reducida a un tamaño de 25–30 mm se realizó un tratamiento de hidrólisis ácida a pH constante, la torta resultante fue pesada para determinar su rendimiento en base húmeda y después secada en una estufa para determinar su rendimiento en base seca (Addosio y Páez, 2005).

Para caracterizar la pectina se aplicó la metodología propuesta por la Wester Regional Research Laboratory para análisis de pectinas, los resultados se expresaron con respecto a la pectina en base seca. La caracterización fisicoquímica se realizó teniendo en cuenta los métodos de la AOAC: pH (981.12/90), Acidez libre (942.15/90), Porcentaje de cenizas (942.05) Porcentaje de humedad (14.0003). Para el Grado de Esterificación: Se determinó usando el método de Schultz y Schweiger, el Contenido de ácido galacturónico se calculó según la siguiente expresión (FAO, 1975): Contenido de ácido galacturónico (mg): $19.41 \times (v_1 + v_2)$ (V_1 = volumen de NaOH 0,1N en la primera titulación del grado de esterificación, V_2 = volumen de NaOH 0,1N en la segunda titulación del grado de esterificación)

Diseño Experimental. El diseño experimental que se aplicó fue un diseño en factores (2x3), donde los factores son el índice de madurez, teniendo en cuenta color (verdes, hechos y maduros) y los niveles la parte del fruto de donde se extrae la pectina (cáscara y albedo); luego se realizó un Análisis de Varianza para determinar si hay influencia o no de los factores e interacción entre los mismos y luego la prueba Tukey al 5% para verificar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La proporción de pectina extraída del limón Swinglea que se presenta en la Tabla 1, evidencia que el mayor rendimiento se presenta en el albedo de los frutos en estado de madurez verdes (28,57%), esto se debe, que durante la maduración los tejidos se reblandecen y pierden cohesión, hay un incremento de pectina soluble en agua acompañada de una pérdida de protopectinas Bartley y Knee (1982). Este incremento de pectina soluble en agua se atribuye a la acción de las poligalacturonasas Pressley *et al.*, (1971) actuando en concierto con otras enzimas tales como las pectinmetilesterasas y varias glicosidasas las cuales provocan la degradación estas macromoléculas en compuestos más simples.

Tabla 1. Rendimiento de pectina en base húmeda para cáscara y albedo.

Índice de madurez	S1 7,28%		S2 3,96%		S3 2,38%	
Estado de madurez	Maduros		Hechos		Verdes	
Muestra	sa1	sc1	sa2	sc2	sa3	sc3
Rendimiento	7,47	0,27	12,93	0,50	28,57	0,53

Se pudo comprobar estadísticamente que no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos para la cáscara; Entre los resultados obtenidos para la cáscara y el albedo hay diferencias significativas y en el albedo se obtienen resultados significativamente diferentes entre los 3 índices de madurez, siendo S3 el de mayor valor aplicando la prueba de comparación de medias de TUKEY al 5%, donde el P valor es mayor de 0,05, al tratamiento que evidenció el mayor contenido de pectina se le determinó el índice de madurez que correspondió a 2,3891, el rendimiento en base seca correspondió a 2.27% resultado que es aceptable con respecto a otras frutas cítricas como cáscaras de naranja de valencia y albedo con 3,10 % y 2,93 % respectivamente para el mismo método (Devia, 2003), lo que indica que el proceso de extracción es eficiente.

La pectina caracterizada presento un pH bajo 1,60 y una acidez alta 0,128, comparada con pectina comercial (pH de 2,68 y acidez de 0,064 %), con respecto los análisis fisicoquímicos los resultados en base seca fueron: humedad 5,43%, cenizas 0,565%. El Grado de esterificación encontrado en este estudio se considera bajo (38,97) comparado con pectina de origen comercial (59,55%) el cual podría estar relacionado a la composición química del fruto evaluado y al efecto del agente extractante que posiblemente induce el rompimiento de los ésteres metílicos y en consecuencia, causa una disminución del contenido de metoxilo (Calvo, 2001). El contenido de ácido galacturónico obtenido fue de 26,399% e inferior a los reportados por D'Addosio *et al.*, (2005) con 52,83 en limones; 71,65 y 78,00% en corteza de parchita, respectivamente.

CONCLUSIONES

Es posible extraer pectinas en las dos partes del fruto de limón swinglea (cascara y albedo), para el caso de la cascara no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos, caso contrario a lo que ocurre en el albedo, que presenta diferencias significativamente entre los 3 índices de madurez, siendo S3 (verdes) el de mayor valor por lo que se puede afirmar que el índice de madurez en el limón swinglea, tiene una influencia muy significativa en el rendimiento de pectina.

El método de hidrólisis acida arrojo para los frutos verdes con un índice de madurez de 2,3891 el mayor rendimiento en base húmeda 28,56% p/p

La pectina de limón swinglea se clasifica de gelificación lenta de acuerdo al contenido de metoxilo 38,97% y *ácido galacturónico* de 26,39%.

BIBLIOGRAFIA

- Ahmed, E.A. y J.M. Labavitch. 1981. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. *J. Food Biochem.* 1:361-365.
- Addosio, R. D y G.Páez.2005. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Pasiflora edulis* f. *Flavicarpa degener*) facultad de ingeniería. Universidad de Zulia Venezuela.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos, pearson, Addison Wesley. 4ª edición. México.
- Bartley, I.M. y M. Knee. 1982. Thechemistry of textural changes in fruit during storage. *FoodChem.* 9: 47-58.
- Calvo, M. 2001. Bioquímica De Los Alimentos. En: (<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>); consulta: marzo 15 de 2009.
- Devia, J. 2003. Proceso Para producir pectinas cítricas. Universidad EAFIT. Revista enero-marzo, número 129
- Díaz-Ortega, F. 2003 Extracción y caracterización de los aceites esenciales a partir del fruto del limón Swinglea (*Swinglea glutinosa*). Tesis para optar al título de ingeniero de alimentos. Universidad de Córdoba.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1975. Normas de identidad y pureza de algunos aditivos Alimentarios, mejoradores de sabor, espesantes y otros. Roma.
- McCready, R y H. Owens. 1952. Methods used at Western Regional Research Laboratory for extractions and analysis of pectin materials. *Anal. Chem.* 24(2):54-59.
- Pressley, R., D.M. Hinton y J.K. Avants. 1971. Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. Food Sci.* 36:1070-1073.

Impregnación de Propóleo Utilizando Co₂ Supercrítico en Polietileno para la Obtención de un Envase Activo

Impregnation of Propolis using Supercritical CO₂ on Polyethylene for Obtain an Active Packaging

¹Ulloa, P. A., ²Tapia, D., ³Romero, J., Salazar, F. N., ⁴Guarda, A., ⁴Galotto, M. J.

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Alimentos, Valparaíso, Chile, 2360100 (pablo.ulloa@ucv.cl)

² Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química, LabProSem, Santiago, Chile

³ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Alimentos, Laboratorio de Fermentaciones Industriales (IFELab), Valparaíso, Chile

⁴ Universidad de Santiago de Chile, Facultad Tecnología, LABEN-Chile, Santiago, Chile

Resumen. Los envases plásticos no son estructuras inertes frente al producto envasado; ya que pueden interactuar y transferir sustancias. Aprovechando esta característica, es

que nacen los Envases Activos (EA), teniendo como función incrementar la vida útil o calidad del alimento. El objetivo de este trabajo, fue la obtención de EA para alimentos, utilizando

dióxido de carbono en estado supercrítico (CO_2SC) para la impregnación de propóleo como agente antioxidante sobre polietileno de baja densidad (PEBD). Para esto, se utilizó propóleo procedente de la Región de Valparaíso (Chile), el cual fue caracterizado fisicoquímicamente, además de evaluar el contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante (AA). Resultados, determinaron el contenido de fenoles y flavonoides presentes, 396,89 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g y 47,99 mg equivalentes de quercetina (EQ)/g, respectivamente. Además, fue determinada su AA expresado en unidades equivalente trolox (AAET) alcanzando un valor de 791,19 μmol AAET/g. La obtención del EA (PEBD + propóleo) utilizando CO_2SC (250 bar, 40 °C, 3 h) permitió obtener una concentración del agente activo en el material de 17,28 mg/g correspondiente a 3,76%. Posteriormente, el material fue evaluado para establecer posibles modificaciones generadas post-tratamiento (control v/s EA) y la AA del envase activo, obteniendo una actividad de 0,902 μmol AAET/g generada por presencia de compuestos bioactivos provenientes del propóleo.

Palabras clave: propóleo, impregnación, CO_2SC , envase activo, actividad antioxidante, compuestos bioactivos.

Abstract. Food packaging has migration process, which can interact and transfer substance with food. Taking advantage of this feature, is born Active Packaging (AP), with the function of increasing shelf life of food. The aim of this study was obtain AP to food, using impregnation with supercritical carbon dioxide ($scCO_2$) where the propolis was used as an antioxidant agent in low-density polyethylene (LDPE) films. Propolis was collected from Valparaíso region (Chile), which was characterized physicochemical, as well as evaluating the content of bioactive compounds and antioxidant activity (AA). Results determined that phenols and flavonoids contents were 396.89 mg gallic acid equivalents (EAG)/g and 47.99 mg quercetin equivalents (EQ)/g, respectively. Besides, AA was determined expressed in Trolox equivalent (AAET) reaching a value of 791.19 AAET mol/g. The AP (LDPE + propolis) was accomplished by impregnating under a $scCO_2$ (250 bar, 40 °C, 3 h) obtaining a concentration process of the active agent in the material of 17.28 mg/g corresponding to 3.76 %. Subsequently, the AP was evaluated for possible modifications generated post- treatment (control v/s AP) and evaluated in AA, results shown that antioxidant activity was 0.902 mol AAET/g generated by bioactive compounds presence.

Keywords: propolis, impregnation, $scCO_2$, active packaging, antioxidant activity, bioactive compounds

INTRODUCCIÓN

Las principales funciones que han definido a los envases de alimentos han sido: contener, proteger, manipular y comercializar los alimentos, disponiéndose de una gran gama de materiales con características adecuadas para cubrir los requerimientos específicos que plantea el envasado de alimentos (Brody y col., 2001). Las crecientes demandas de los consumidores, las nuevas regulaciones alimentarias, así como la preocupación por alargar la vida útil, la seguridad y propiedades sensoriales del alimento, han dado origen una nueva tecnología denominada envases activos (EA), donde se aprovecha de forma positiva los procesos de interacción (migración) entre los envases y los alimentos de forma tal que durante el tiempo que el envase está en contacto directo, va ejerciendo sobre él un efecto beneficioso manteniendo la calidad del producto envasado, incrementando su vida útil y garantizando la inocuidad del alimento envasado (Brody y col., 2001; Byun y col., 2010). Los principales procesos de deterioro en los alimentos están relacionados con el crecimiento microbiológico, como procesos de oxidación (Restuccia y col., 2010). La posibilidad de desarrollar EA con capacidad antimicrobiana y/o antioxidante es una nueva estrategia de conservación. En el desarrollo de EA para alimentos, dos son los aspectos importantes a trabajar, primero la selección del compuesto activo, y el segundo el sistema de incorporación de éste en las estructuras de los envases. Esta investigación tuvo como objetivo utilizar el propóleo como agente activo debido a que presenta reconocidas propiedades funcionales (ej. antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, etc.; Gregoris y Stevanato, 2010) la cual fue incorporada a una matriz plástica. El sistema de incorporación es una novedad frente a las tecnologías actuales, ya que se utilizó mediante un sistema de impregnación con dióxido de carbono en estado supercrítico (CO_2SC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de propóleo: fueron obtenidas desde el Agro-Apicultura (Valparaíso) desde colmenas de abejas (*Apis mellifera*) provenientes de mallas. Fueron caracterizadas fisicoquímicamente (Días y col., 2012), su concentración de compuestos fenólicos y flavonoides; además de su actividad antioxidante.

Parámetros fisicoquímicos: humedad, sólidos solubles e insolubles, % cera, pH, conductividad eléctrica, cenizas, a_w , color, propiedades térmicas (Mettler Toledo DSC 822^e), espectroscopia FT-IR (Bucker, Alpha, ATR). Además, se identificó compuestos fenólicos utilizando HPLC-MS (Beckman

Coulter 125P, columna 10 x 250 mm, 5 μ m).

Compuestos bioactivos: método colorimétrico para fenoles totales (Folin-Ciocalteu's) y flavonoides totales (AlCl₃), utilizando como estándar ácido gálico (Singleton y Rossi, 1965) y quercitina (Chang y col., 2002); respectivamente.

Actividad Antioxidante (AA): se determinó la capacidad secuestrante del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), de acuerdo a lo descrito por Moreira y col (2008).

Material de envase: PEBD fue obtenido mediante el proceso de extrusión de pellet, utilizando extrusora piloto Scientif (LabTech. LTE20). Condiciones de proceso fueron las siguientes: perfil de T^o (170-185°C), T^o cabezal (180°C), presión cabezal (85 bar), presión unidad de enfriamiento (46 bar).

Incorporación del agente activo (impregnación): films PEBD fueron tratados en una celda de impregnación (100 cm³) junto a un vial con propóleo (1 g), cuyas condiciones de proceso para el CO₂SC fueron 250 bar, 40 °C durante 3 h.

Determinación de parámetros físico-químicos del PEBD v/s EA: fue caracterizado inicialmente el material (sin impregnación, PEBD control), como posteriormente al tratamiento con CO₂SC (EA, PEBD + propóleo); para establecer posibles modificaciones.

Propiedades físicas: se determinó de acuerdo a la norma ASTM D-882 utilizando maquina universal de ensayo ZwickRoell (CDO-FB 0,5 TH).

Permeabilidad al vapor de agua: se determinó de acuerdo a las normas ASTM F1249-90.

Propiedades térmicas: se determinó la temperaturas de transición vítrea (T_g) y fusión (T_m), entalpía de fusión (ΔH_f) utilizando DSC (DSC, Mettler Toledo 822^e).

Propiedades ópticas: determinación de parámetros **L**, **a**, **b** y cambios de color (Hunter **Lab**) (Byun y col., 2010). Se determinó el % de opacidad de las muestras post-tratamiento (Tunç y Duman, 2010); utilizando espectrofotómetro Merck (Pharo 300), a una longitud de absorbanza de 600 nm.

Espectroscopía FT-IR: se determinó la presencia de grupos funcionales en la estructura post-tratamiento, realizando un barrido desde 400 a 4000 cm⁻¹ (FT-IR).

Actividad antioxidante envase activo: fue realizado de acuerdo a lo descrito por Byun y col., (2010).

Análisis estadístico: los resultados obtenidos para PEBD (control) y EA (PEBD + propóleo), fueron analizados utilizando ANOVA y test Student's para determinar diferencias significativas post-impregnación (p<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para la caracterización fisicoquímica del propóleo se presentan en la Tabla 1. De acuerdo a los valores obtenidos para los parámetros de calidad como son las sustancias solubles (79,63%) el cual establece que cuanto mayor sea su valor, mejor será en términos de calidad antioxidante, pues allí es donde se encuentran los compuestos con mayor actividad biológica, principalmente los compuestos fenólicos (Arrate, 2008). Otro de los componentes importantes en la calidad, es el contenido de ceras, ya que valores superiores a 30%, indica la baja pureza del propóleo (Palomino *et al.*, 2010).

Por otro lado, la presencia de compuestos bioactivos fue determinando el contenido de fenoles (396.89 mg EAG/g) y flavonoides totales (47,99 mg EQ/g) encontrando que el propóleo, presenta valores muy superiores en comparación con otros países (ej. Colombia: 22,1-75,2 mg EAG/g, Corea: 120-212 mg EAG/g) (Palomino y col., 2009; Choi y col., 2006). El contenido de compuestos bioactivos es un parámetro

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del propóleo.

	Humedad (%)	aw	Sustancias solubles (%)	Sustancias insolubles (%)	Cenizas (%)	pH	CE (mS/cm)	Ceras (%)
Propolis	2,45 ± 0,05	0,59 ± 0,04	79,63 ± 0,51	20,37 ± 0,51	0,99 ± 0,01	6,05 ± 0,02	0,25 ± 0,01	27,35 ± 0,28

	Color			Propiedades Térmicas		
	L	a	b	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH_f (J/g)
Propolis	69,32 ± 0,52	0,25 ± 0,01	36,67 ± 0,26	9,95	64,08	-35,53

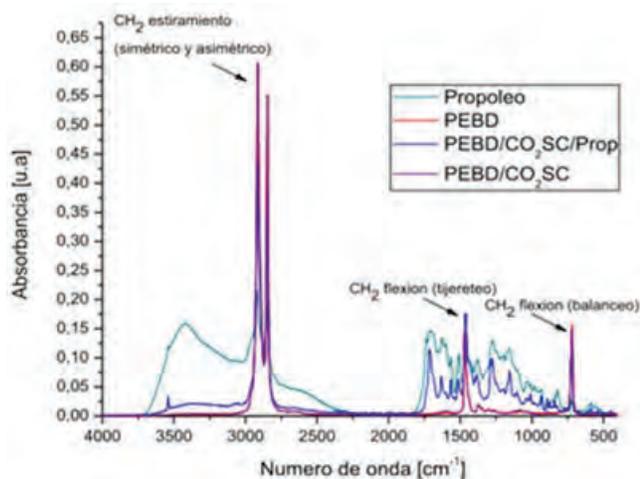


Figura 1. Análisis FT-IR de propóleo, PEBD control, EA (PEBD + propóleo).

importante que establece tanto la calidad del material como su potencial biológico, en especial la actividad antioxidante. Por otro lado, fue determinada su AA del propóleo en comparación con el antioxidante sintético Trolox. Los valores alcanzados por las muestras 791,19 ($\mu\text{mol AAET/g}$) fueron muy superiores a otros estudios (Palomino y col., 2009; Kalogeropoulos y col., 2009), lo cual puede ser bien correlacionado con la presencia de compuestos bioactivos.

Los resultados post-proceso de impregnación con CO_2SC de las muestras de PEBD con propóleo, se obtuvo que 3,76% del agente activo fue impregnado en la matriz del polímero. Paviani y col., (2010), lograron la extracción de fenoles en extractos etanólicos de propóleos brasileros de 10,51%, mediante la utilización de CO_2SC en condiciones, 250 bar, 60 °C, 2 h. En relación a la concentración de los compuestos impregnados se obtuvo 17.28 mg/g PEBD impregnado. Mediante el análisis de FT-IR al Envase Activo (EA) figura 1, presentó que los peaks característicos de componentes activos provenientes del propóleo fueron traspasados hacia el polímero.

Por último, debemos evidenciar la efectividad del EA con propiedad antioxidante, por lo cual se determinó con el mismo método de la capacidad secuestrante del films para el radical libre DPPH. Los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante del EA (PEBD + propóleo) fue de 0,902 $\mu\text{mol AAET/g}$; el cual es superior a los obtenidos por Akhtar y col (2012) para films de hidroxipropil metilcelulosa con bio-moléculas de colorantes naturales con capacidad antioxidante (0,0121 mg/L). Esto puede ser explicado que gracias al proceso de impregnación mediante CO_2SC , permite que el agente activo (propóleo); sea

incorporado dentro de la matriz polimérica, ya que ejerce un efecto plastificante durante el tratamiento de impregnación el CO_2 . Similares resultados fueron obtenidos por Tongnuanchan y col., (2012) para films de gelatina de pescado a los cuales se les incorporaron aceites esenciales cítricos cuyo rango fue de 0,02 y 0,42 $\mu\text{mol AAET/g}$ film.

CONCLUSIONES

La incorporación del propóleo en la estructura polimérica del PEBD mediante la técnica de impregnación utilizando CO_2SC para la obtención de un EA con propiedades antioxidantes, presentó resultados promisorios con respecto a la función antioxidante y permite generar nuevas líneas de investigación, además de poder profundizar sobre las condiciones de proceso. El EA obtenido evidenció la acción frente a los radicales libres DPPH, junto con evidenciar que existió efectivamente una difusión de grupos funcionales existente en el propóleo hacia los films impregnados, esto gracias al análisis de FT-IR que identificó los compuestos a los que se le atribuye esta propiedad. Otra de las ventajas de este proceso, es que no genera modificaciones en las prestaciones tanto del polímero como del agente activo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los recursos (financieros/equipamiento), facilitados por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad de Santiago de Chile. Junto con el aporte de muestras establecido por Agro-Apicultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhtar, M.J., M. Jacquot, J. Jasniewski, C. Jacquot, M. Imran., M. Jamshidian, C. Paris, and S. Desobry. 2012. Antioxidant capacity and light-aging study of HPMC films functionalized with natural plant extract. *Carbohydrate Polymers*, 89 (4): 1150-1158.
- Arrate, L. 2008. Propóleo, el antibiótico natural de la colmena. *Revista Agropesquera*, 85 (1): 56-61.
- Brody, A.L., E.R. Strupinsky and L.R. Kline. 2001. Active packaging for food applications. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- Byun, Y., Y.T. Kim and S. Whiteside. 2010. Characterization of an antioxidant poly(lactic acid) (PLA) film prepared with α -tocopherol, BHT and polyethylene glycol using film cast extruder. *Journal of Food Engineering*, 100 (2): 239-244.
- Chang, C., M. Yang., H. Wen and J. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and Drug Analysis*, 10 (3):178-182.
- Choi, Y.M., D.O. Noh., S.Y. Cho., H.J Suh., K.M. Kim and J.M.

- Kim. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT - Food Science and Technology* 39 (7): 756-761.
- Dias, L.G., A.P. Pereira and L.M. Estevinho. 2012. Comparative study of different Portuguese samples of propolis: pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. *Food Chemical and Toxicology*. 50 (12) 4246-53.
- Gregoris, E. and R. Stevanato. 2010. Correlation between polyphenolic composition and antioxidant activity of Venetian propolis. *Food and Chemical Toxicology*. 48 (1): 76-82.
- Kalogeropoulos, N., S.J. Konteles, E. Troullidou, I. Mourtzinos And V.T. Karathanos. 2009. Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial properties of propolis extracts from Greece and Cyprus. *Food Chemistry*, 116 (2): 452-461.
- Moreira, L., L. Dias, J. Pereira and L. Estevinho. 2008. Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*. 46 (11): 3482-3485.
- Palomino, L., C. García, J. Gil, B. Rojano and D. Durango. 2009. Determination of phenolic content and evaluation of antioxidant activity of propolis from Antioquia (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 16 (3): 388-395.
- Paviani, L.C., C. Dariva, M.C. Marcucci, and F.A. Cabral. 2010. Supercritical Carbon Dioxide Selectivity to Fractionate Phenolic Compounds from the Dry Ethanolic Extract of Propolis. *Journal of Food Process Engineering*, 33(1): 15-27.
- Restuccia, D., U.G. Spizzirri, O.L. Parisi, G. Cirillo, M. Curcio, F. Iemma, F. Puoci, G. Vinci and N. Picci. N. 2010. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*. 21 (11): 1425-1435.
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(3): 144-158.
- Tongnuanchan, P., S. Benjakul and T. Prodpran. 2012. Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*. 134(1): 1571-1579.
- Tunç, S., and O. Duman. 2010. Preparation and characterization of biodegradable methyl cellulose/montmorillonite nanocomposite films. *Applied Clay Science*. 48(3): 414-424.

Efecto del Ácido Cítrico en Películas elaboradas a base de Almidón Termoplástico de Yuca

Effect Of Citric Acid In Films Prepared Based Thermoplastic Cassava Starch

Pedro Albán Bolaños¹, Diego Fabián Joaquín Daza², Héctor Samuel Villada Castillo³, Camilo Elías Montilla Buitrago⁴

1 Estudiante de pregrado. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de ingeniería agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. pedroab123@gmail.com

2, 4 Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. < diego_ids85@hotmail.com , cmontilla87@gmail.com >

3 Profesor titular. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de ingeniería agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. < villada@unicauca.edu.co >

Resumen. Se evaluó el efecto de la adición de ácido cítrico en las propiedades de tensión y de barrera en películas elaboradas a base de almidón termoplástico de yuca. Las películas obtenidas con ácido cítrico fueron comparadas con películas biodegradables hechas de almidón termoplástico, PLA y plastificante (películas patrón). Las películas con ácido cítrico presentaron valores bajos de permeabilidad al oxígeno y de absorción de agua, por su parte las películas patrón presentaron, menor permeabilidad al vapor de agua y altos valores de tensión.

Palabras clave: extrusión, propiedades de tensión y barrera.

Abstract. The effect of adding citric acid in the tensile properties and barrier properties in films prepared from thermoplastic

cassava starch was evaluated. Films obtained with citric acid were compared with films made from biodegradable thermoplastic starch and plasticizer PLA (pattern film). Citric acid films had low oxygen permeability values and water absorption, meanwhile pattern films presented lower water vapor permeability and high tensile values.

Key words: extrusion, tensile and barrier properties.

INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación CYTBIA (Ciencia y tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial) de la Universidad del Cauca, en el marco del proyecto titulado: "Producción y caracterización de películas flexibles por extrusión de tornillo simple, a partir de almidón de yuca, plastificante y

PLA”, desarrolló un material con propiedades de tensión y permeabilidad al vapor de agua semejantes a los reportados en trabajos similares.

Sin embargo tanto las propiedades de tensión y de barrera no fueron equiparables a las de materiales sintéticos. Por esta razón se pretende incorporar a las películas ácido cítrico, dado que éste compuesto orgánico está siendo ampliamente estudiado para lograr un aumento en las propiedades mecánicas, y de barrera y disminuir la absorción de agua en películas elaboradas a base de almidón (Ghanbarzadeh *et al.*, 2011, Abdillaha *et al.*, 2013; Menzel *et al.*, 2013; Garcia *et al.*, 2011 y Garcia *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del ácido cítrico sobre las propiedades mecánicas de tensión, absorción de agua y propiedades de barrera en películas elaboradas a base de almidón termoplástico de yuca y establecer si ocurrieron diferencias en dichas propiedades respecto a las películas patrón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Almidón nativo de yuca (*Sm 707-17*), glicerol (GLY) (DISAN S.A), ácido poliláctico (PLA), policaprolactona (PCL), anhídrico maleico (AM) y ácido cítrico (AC). Preparación de las películas. Las películas se obtuvieron por extrusión soplado, en tres etapas: extrusión de pellets de almidón termoplástico (almidón/GLY/AC, 72%/28%/1,5%), luego se obtuvieron pellets de mezcla binaria (PLA/PCL/AM) y finalmente se hizo la extrusión/soplado de mezcla binaria y almidón termoplástico. Se utilizó un extrusor mono husillo marca Haake PolyLab OS Rheomex 19/25 (diámetro: 19 mm, compresión: 5:1 y L/D: 25).

Propiedades mecánicas. Se llevaron a cabo de acuerdo al método contemplado en la norma ASTM 882-10.

Permeabilidad al vapor de agua. Se seleccionó la técnica gravimétrica empleando desecante de acuerdo a la norma ASTM E96-10.

Permeabilidad al oxígeno. Esta propiedad de barrera se determinó de acuerdo a la norma ASTM D1434-82.

Absorción de agua. Se realizó de acuerdo a la norma ASTM D570-98 (2010).

RESULTADOS

Propiedades de tensión. Las películas con ácido cítrico tuvieron una resistencia máxima a la tensión, módulo de Young y elongación final, menor a las películas patrón ($p < 0,05$) (tabla 1), consecuencia del efecto hidrolítico del ácido carboxílico sobre las cadenas de almidón, además el ácido cítrico puede actuar como plastificante, disminuyendo los enlaces de hidrógeno entre cadenas, debilitando la estructura de mezcla (Garcia *et al.*, 2011; Gaviria y Muñoz, 2011).

Permeabilidad al vapor de agua (PVA). Las películas con ácido cítrico presentaron una PVA mayor a las películas patrón ($p < 0,05$) (tabla 1). Esto posiblemente fue consecuencia del efecto plastificante del ácido cítrico, además las películas con dicho ácido orgánico tuvieron una concentración mayor de glicerol (28%) en relación a las películas patrón (26,5%), por consiguiente esto supuso un aumento de la movilidad de las cadenas y un incremento de los espacios entre estas, lo cual promovió la difusividad del vapor de agua a través de las películas (Ghanbarzadeh *et al.*, 2011; Abdillaha *et al.*, 2013). Otro factor que probablemente causó aumento de la PVA fue la hidrólisis de las cadenas de almidón promovida por el ácido cítrico, generando cadenas cortas con mayor movilidad (Abdillaha *et al.*, 2013).

Permeabilidad al oxígeno (PO). La película con ácido cítrico presentó una PO menor a la película patrón ($p < 0,05$) (tabla 1), debido a la presencia de cadenas cortas de almidón, las cuales posiblemente fueron consecuencia de la hidrólisis catalizada por dicho ácido carboxílico (Carvalho *et al.*, 2005), estas estructuras con menor peso molecular probablemente se lograron ubicar en los espacios existentes entre cadenas largas de TPS, cadenas de PLA y/o TPS y cadenas de PLA, TPS y/o PCL, limitando la difusión de moléculas de O_2 a través del material polimérico. Por otra parte, las películas patrón presentaron mayor PO ($p < 0,05$) probablemente debido

Tabla 1. Resumen de resultados

	Resistencia máxima a la tensión (MPa)	Elongación final (%)	Módulo de elasticidad (MPa)	Permeabilidad al vapor de agua (PVA) (g/m s Pa)	Permeabilidad al oxígeno (PO) (mol/m s Pa)	Absorción de agua (%)
Ácido cítrico	4,89±0,15	32,54±1,74	208,53±9,22	3,23E-11 ± 4,82E-12	3,16E-18 ± 3,81E-19	105,22±1,78
Patrón	5,74±0,19	64,00±4,02	278,33±15,93	2,59E-11 ± 3,1E-12	4,85E-18 ± 1,19E-19	118,22±4,59

a la presencia de microporos generados a raíz de la alta concentración de grumos en su estructura, lo cual facilitó el transporte de O₂ mediante capilaridad (Quedaza, 2013).

Absorción de agua. La disminución en la absorción de agua en películas con ácido cítrico ($p < 0,05$) (tabla1), se generó gracias a que los grupos carboxilos de este aditivo posiblemente reaccionaron con los grupos hidroxilos del almidón, disminuyendo de esta forma la cantidad de grupos OH disponibles en las moléculas de dicho carbohidrato para interactuar con las moléculas de agua (Ghanbarzadeh et al., 2011; Abdillahi et al., 2013 y Menzel et al., 2013)

CONCLUSIÓN

Las películas con ácido cítrico presentaron alta barrera al oxígeno y absorbieron una menor cantidad de agua, por su parte las películas patrón tuvieron mayores propiedades de tensión y menor permeabilidad al vapor de agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Abdillahi, H., E. Chabrat, A. Rouilly and L. Rigal. 2013. Influence of

- citric acid on thermoplastic wheat flour/poly (lactic acid) blends. II. Barrier properties and water vapor sorption isotherms 50: 104-111.
- Carvalho, A., M. Zambon, A. Silva and A. Gandini. 2005. Thermoplastic starch modification during melt processing: Hydrolysis catalyzed by carboxylic acids. Carbohydrate Polymers 64(4): 387-390.
- García, P., M. Eiras, F. Yamashita, S. Malí; L. Dall and W. Barreto. 2011. Citric acid as multifunctional agent in blowing films of starch/PBAT. Química Nova 34(9): 1507-1510.
- García, P., M. Eiras, M. Shirai, M. Lazaretti, F. Yamashita, C. Muller and S. Mali. 2014. Improving action of citric acid as compatibiliser in starch/polyester blown films. Industrial Crops and Products 52: 305-312.
- Gaviria, W.Y y Muñoz, K.S. 2012. Biofilm producido por extrusión de tronillo simple a partir de almidón hidrolizado de yuca más ácido poliláctico. Trabajo de grado ingeniero(a) agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cauca. Popayán. 25, 61p
- Ghanbarzadeh, B., H. Almasi and A. Entezami. 2011. Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. Industrial Crops and Products 33(1): 229-235.
- Menzel, C., E. Olsson, T. Plivelic, R. Andersson, C. Johansson, R. Kuktaite, L. Järnström and K. Koch. 2013. Molecular structure of citric acid cross-linked starch films. Carbohydrate Polymers 96(1): 270-276.
- Quedaza, M. 2013. Permeabilidad en láminas ultradelgadas. Tesis para optar al título de Ingeniero Físico. Facultad de ciencia. Universidad Santiago de Chile. Santiago de Chile. 16p

Efecto de la Inclusión de Aceites Esenciales de Tomillo y Romero y el Almacenamiento de Películas de Quitosano

Effect of the Thyme and Rosemary Essential Oils Inclusion and Storing of Chitosan Films

William Albarracín H.¹; Nathalia Valderrama B.²

1 Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Cl 18 Cr 50. San Juan de Pasto, Colombia. walbarracinh@udenar.edu.co

2 Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Carrera 30 No. 45-03. Bogotá, Colombia. nvalderramab@unal.edu.co

Resumen. Se evaluó el efecto de la inclusión de aceites esenciales de tomillo y romero sobre las propiedades físicas de películas de quitosano almacenadas a temperatura media de 15 °C y humedad constante. Los resultados sugieren que la inclusión de aceites esenciales y el tiempo de almacenamiento incidieron sobre algunas propiedades físicas de las películas evaluadas como color y propiedades mecánicas, sin afectar el espesor ni la capacidad antimicrobiana de las películas.

Palabras claves: Aceite esencial de tomillo, aceite esencial de romero, polímeros, películas modificadas, aditivos alimentarios.

Abstract. The effect of the essential oils inclusion on the physical properties of chitosan films stored at room temperature and constant humidity was evaluated. The results suggest that the inclusion of essential oils and storage time affect some physical properties of the films such as color and mechanical properties, without affecting the thickness and the antimicrobial activity of the films.

Key words: Thyme essential oil, rosemary essential oil, polymers, modified films, food additives.

INTRODUCCIÓN

El quitosano (poli-(1,4)-2-amino-2-deoxi-P-D-glucosa) se obtiene a partir de un proceso de desacetilación de la quitina y se caracteriza por formar películas biodegradables y comestibles. Las últimas investigaciones han buscado fabricar películas a bajo costo y con mejores propiedades antimicrobianas. Diferentes aceites esenciales han sido incluidos en películas por su efecto antimicrobiano y antioxidante, sin embargo se ha presentado alteración de algunas propiedades físicas (Ojagh *et al.*, 2010). Por otra parte, la eficiencia de la aplicación de películas de quitosano sobre alimentos está condicionada al aseguramiento de la calidad de las películas empleadas. Las condiciones de almacenamiento como humedad, temperatura y tiempo modifican las propiedades mecánicas y de barrera de las películas (Caner *et al.*, 1998). El objetivo de éste trabajo de investigación fue determinar el efecto de la inclusión de aceites esenciales en películas de quitosano almacenadas a temperatura media de 15 °C y humedad relativa 60%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las soluciones de quitosano fueron preparadas empleando el método descrito por Chi *et al.*, (2006) con modificaciones. Las soluciones acuosas contenían 1% de ácido láctico, 1, 1,5 y 2% de quitosano Kitoflokk™, así como 16% Glicerol, 4% Tween 80, y 0%, 1% y 2% aceites esenciales de romero (ERA) y tomillo (AET) y sus combinaciones AET/ERA (50/50) en base a la cantidad de quitosano adicionada. Las soluciones fueron desgasificadas y secadas en cajas de petri de plástico en un horno a temperatura de 30 °C durante 65 horas. El almacenamiento se efectuó a temperatura media de 15 °C y a una humedad relativa de 60%.

Determinación de las propiedades físicas. Las propiedades físicas se evaluaron siguiendo los métodos descritos por

Hosseini *et al.*, (2009). El espesor se midió en 10 lugares diferentes de la película. La resistencia y la deformación por punción se determinó por triplicado empleando un texturómetro TA XT plus y un accesorio cilíndrico P/2 (2 mm diámetro), configurado a una velocidad de 1 mm/s. El color se midió por reflectancia en 10 lugares diferentes de cada película empleando un colorímetro HunterLab (D65 10) con fondo blanco estándar. Los parámetros evaluados fueron L*, a*, b*, ΔE.

Inhibición del crecimiento microbiano. Se emplearon discos de las películas de quitosano evaluados en la prueba de difusión en agar Mueller-Hinton por triplicado para las cepas de *E. coli*, *S. enteritidis*, *S. aerus*, *L. monocytogenes* y *B. cereus* como se describe en el estudio de Hosseini *et al.*, (2009).

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico Statgraphics® Centurion XV, empleando un ANOVA multifactorial con un nivel de significancia menor o igual a 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos empleados no tienen un efecto significativo sobre el espesor debido a que una misma cantidad de sólidos en solución fue empleada para cada película formada. La concentración de quitosano no evidenció efectos significativos sobre las propiedades físicas y microbiológicas evaluadas. Sin embargo, la inclusión de aceites esenciales y el tiempo de almacenamiento incidieron sobre algunas propiedades físicas de las películas evaluadas.

En la Figura 1 se observa una disminución significativa de la deformación y un aumento en la resistencia a la punción debido a la inclusión de aceites esenciales y al aumento del tiempo de almacenamiento (Caner *et al.*, 1998). Según Ojagh

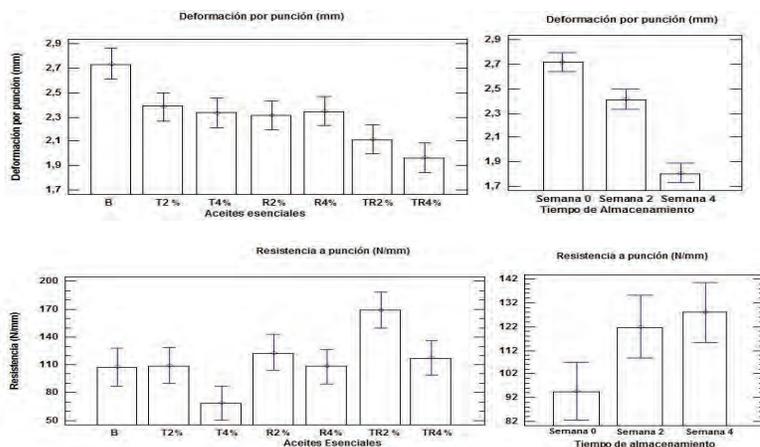


Figura 1. Efecto de la inclusión de aceites esenciales y el almacenamiento sobre la resistencia y deformación por punción de las películas.

et al., (2010), la inclusión de aceites esenciales disminuye el contenido de humedad de las películas y genera una estructura más compacta debido a las interacciones que reducen la movilidad molecular.

Tabla 1. Efecto de la inclusión de aceites esenciales sobre el color de las películas.

AE	L*	a*	b*	ΔE
C	94,46±0,34a	-0,51±0,01a	12,88±0,25abc	43,45±0,28a
T2%	92,75±0,34b	-0,59±0,01b	13,45±0,24cd	42,08±0,28b
T4%	92,99±0,32b	-0,59±0,01b	13,27±0,24bcd	42,27±0,26b
R2%	94,87±0,34a	-0,59±0,01b	13,62±0,24d	43,82±0,28a
R4%	94,69±0,31a	-0,59±0,01b	13,40±0,24cd	43,7±0,27a
TR2%	94,80±0,34a	-0,60±0,01b	12,72±0,24ab	43,76±0,27a
TR4%	94,06±0,32a	-0,60±0,01b	12,56±0,23a	43,05±0,28a

Las letras indican que existen diferencias significativas ($p < 0,5$) entre los tratamientos. L*: Luminosidad (L*), escala colorimétrica rojo-azul (a*), escala colorimétrica verde-amarillo (b*), diferencia de color (ΔE), muestra control (C), tipo y concentración de aceites esenciales empleados (AE), tomillo (T), Romero (R), mezcla tomillo y romero (TR).

En la Tabla 1 se evidencia que la inclusión de aceites esenciales incrementa los valores para el parámetro a*, mientras que la inclusión de aceite esencial de tomillo disminuye la luminosidad posiblemente por un aumento en la rugosidad superficial que se presenta por fenómenos de floculación y cremado de las gotas de aceite durante el secado (Sánchez *et al.*, 2011). Adicionalmente, los resultados indican un aumento significativo de los parámetros b* durante el almacenamiento, lo cual sugiere que las películas pueden tornarse amarillas por acción de pardeamiento no enzimático (Fernandez-Sainz *et al.*, 2009).

No se registró crecimiento de bacterias sobre las películas de quitosano sin y con inclusión de aceites esenciales. Sin embargo, ninguna película inhibió el crecimiento de los microorganismos en la zona adyacente sugiriendo una reducción de la concentración de los componentes de los aceites esenciales durante el secado de las películas (Chi *et al.*, 2006). Según Hosseini *et al.*, (2009), el quitosano no se difunde en el agar adyacente a la película y sólo se inhibe el crecimiento de los microorganismos que están en contacto con

la zona activa del quitosano.

CONCLUSIONES

La inclusión de aceites esenciales y el almacenamiento pueden modificar algunas propiedades físicas como color y propiedades mecánicas, sin afectar el espesor ni la capacidad antimicrobiana de las películas. Se observó una disminución en la deformación y un aumento en la resistencia por punción por efecto de la inclusión de los aceites esenciales y el almacenamiento, así como la disminución de la luminosidad por la inclusión de aceite esencial de tomillo y un aumento significativo del parámetro b* por efecto del almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias y el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Caner, C., P.Vergano and J. Wiles. 1998. Chitosan film mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizer, and storage. *Food Science* 63(6): 1049-1053.
- Chi, S., S. Zivanovic and M. Pentfield. 2006. Application of chitosan films enriched with oregano essential oil on Bologna - Active compounds and sensory attributes. *Food Science and Technology* 12(2): 111-117.
- Fernandez-Saiz, P., J. Lagaron and M. Ocio. 2009. Optimization of the Film-Forming and Storage Conditions of Chitosan as an Antimicrobial Agent. *Agricultural and Food Chemistry* 57(8): 3298-3307.
- Hosseini, M., S. Razavi and M. Mousavi. 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. *Food Processing and Preservation* 33(6):727-743.
- Ojagh, S., M. Rezaei, S. Razavi and S. Hosseini. 2010. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry* 122(1):161-166.
- Sánchez-Gonzalez, L., A. Chiralt, C. Gonzalez-Martinez and M. Chafer. 2011. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan. *Journal of Food Engineering* 105(2): 246-253.

Determinación de las Condiciones de Proceso para la Elaboración de una Bandeja Semirrígida Biodegradable

Determination of Process Conditions for the Development of a Biodegradable Rigid Tray

Karen Lorena Delgado Muñoz¹; Elsa Susana Cajiao Buitrón²; Héctor Samuel Villada Castillo³

1 Ingeniera Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca <kade9026@gmail.com>

2 Ingeniera Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. <susanacajiao@hotmail.com>

3 Profesor titular. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. <villada@unicauca.edu.co>

Resumen. Se establecieron las condiciones apropiadas del proceso de moldeo por compresión de bandejas semirrígidas biodegradables a partir de harina pre-gelatinizada de yuca, fibra de fique y plastificante, aplicando dos diseños experimentales y analizando la variable de respuesta resistencia a la flexión según la norma ASTM D-790-2010. Con el primer diseño experimental se determinó el espesor del molde, tiempo y temperatura del proceso y con el segundo diseño se definió la presión de moldeo, manteniendo las condiciones establecidas en el primer diseño fijas. Los resultados obtenidos reportaron que las condiciones de proceso apropiadas fueron bandejas moldeadas de 3 mm de espesor, 190 °C y 3 minutos de proceso, con resistencia a la flexión en probetas de 15,49 MPa y en bandejas de 9,40 MPa.

Palabras clave: Harina de yuca, fibra de fique, moldeo por compresión.

Abstract. The appropriated conditions established for compression molding of biodegradable rigid trays from pre-gelatinized cassava flour, fique fiber and plasticizer, using two experimental designs and analyzing the response variable flexural strength according to ASTM D-790-2010. With the first experimental design the mold thickness, time and temperature of the process was determined and the second design the molding pressure was defined by keeping the conditions fixed in the first design. The results reported that the best process conditions trays were molded 3 mm thick, 190 °C and 3 minutes process, in flexural strength of 15.49 MPa specimen trays and 9.40 MPa.

Key words: Cassava flour, sisal fiber and compression molding.

INTRODUCCIÓN

En el procesamiento de materiales a base de almidón se han utilizado técnicas similares a las usadas para procesar plásticos derivados del petróleo. No obstante, procesar almidón requiere de mayor control que para los polímeros convencionales, por

sus transiciones de fase únicas, su alta viscosidad, etc. Sin embargo, con una formulación y condiciones de procesamiento adecuadas pueden superarse estos retos (Liu *et al.*, 2009). Estos materiales pueden ser reforzados con fibras naturales que proporcionan mayor resistencia mecánica, y la técnica recomendada para procesarlos es el moldeo por compresión, debido a su simplicidad y su ciclo de procesamiento rápido (Ho *et al.*, 2012), permitiendo la obtención de un producto final con espesores homogéneos (Pintiaux *et al.*, 2013). El objetivo de éste estudio fue determinar las condiciones de proceso del moldeo por compresión para obtener bandejas semirrígidas biodegradables a partir de harina de yuca gelatinizada, fibra de fique y plastificante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó harina nativa de yuca pre-gelatinizada de la variedad MBRA 383, provista por el laboratorio de Reología y Empaque de la Universidad del Cauca; se usó fibra de fique de la variedad *Furcraeamacrophylla*, molida en un molino de martillos PENAGOS TP8 y tamizada en un ro-tap con tamices Tyler USA Standard Testing Sneve (ASTME-11), obteniéndose fibra con un tamaño de partícula inferior a 250 µm; se adicionó glicerina grado analítico (pureza del 99.7%) suministrado por DISAN S.A (Cali-Colombia) como plastificante.

Se mezcló harina pre-gelatinizada con—fibra de fique y plastificante, se formaron láminas cuadradas de 12 cm por 12 cm, se dosificaron en moldes pre-calentados, suministrándose presión durante un tiempo determinado a través de una prensa hidráulica. Para establecer las condiciones apropiadas del proceso de moldeo por compresión, se usó un primer diseño experimental factorial 3x2² donde se evaluó la temperatura del moldeo (200 °C; 190 °C; 180 °C), tiempo de moldeo (3 min y 4 min) y el espesor de los moldes (2 mm y 3 mm). Después se evaluó el efecto de la presión del molde, con un segundo experimento factorial 3¹ considerándose el factor presión (Pa)

(0,5 MPa; 1 MPa; 1,5 MPa). En ambos experimentos se tomaron como variables de respuesta el esfuerzo máximo y el porcentaje de deformación en el ensayo de resistencia a la flexión según la norma técnica ASTM-D790-10, utilizándose una máquina universal de ensayos Shimadzu EZ-L y un accesorio de flexión en tres puntos. Se usó el programa SPSS Versión 19, con nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura del proceso influyó sobre la calidad de la pieza moldeada, dado que el material se calienta al entrar en contacto con las paredes del molde ocasionando la termoplastificación del almidón y propiciando la adhesión inter-facial con las fibras de fique, lo que puede incidir sobre la resistencia a la flexión (Mina, 2012). La investigación permitió determinar que la temperatura de moldeo apropiada fue de 190 °C, por lo que los materiales moldeados a ésta condición presentaron la mayor resistencia a la flexión. A temperaturas superiores, el almidón y las fibras que componen la mezcla podrían degradarse produciendo un material frágil mientras que al moldear a temperaturas inferiores, no se garantiza la energía térmica suficiente para que la totalidad de los gránulos de almidón sean termoplastificados, generando un material con bajas propiedades mecánicas (Pintiaux *et al.*, 2013).

Se logró determinar que las muestras de 3 mm de espesor manifestaron un mayor esfuerzo a la resistencia a la flexión que las fabricadas con 4 mm de espesor, lo que puede ser atribuido a un menor volumen libre al interior de la matriz, favoreciendo la transferencia de calor para termo-plastificar completamente los gránulos de almidón y una mayor organización molecular de la fibras (Pintiaux *et al.*, 2013). Es probable que el espesor del molde influya sobre la resistencia a la flexión del material, sin embargo la influencia de este parámetro depende de la temperatura y del tiempo de moldeo según reportes de Beltrán y Marcilla (2012), al afirmar que a mayor espesor del molde, mayor será el tiempo necesario para la termo-plastificación. El tiempo no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en los resultados de resistencia a la flexión. No obstante, es conveniente elegir el menor tiempo de moldeo para evitar una eventual degradación térmica del material (Pintiaux *et al.*, 2013). La prueba de Tukey determinó que el tratamiento que arrojó el mayor valor de esfuerzo máximo a la flexión (15,49 MPa) fue para las muestras moldeadas con 3 mm de espesor, a 190 °C y por 3 minutos.

Una vez definidos los valores de temperatura, tiempo y espesor de moldeo adecuado para la obtención de la bandeja, se evaluó la presión de moldeo, dejando fijas las condiciones de proceso

establecidas en el primer diseño experimental. Se evidenció que la presión de moldeo no afectó significativamente el esfuerzo máximo de flexión (MPa) según la prueba de comparación múltiple de Tukey. Las presiones utilizadas en el molde fueron de 0,5 MPa; 1 MPa y 1,5 MPa; obteniendo respectivamente como resultado de esfuerzo máximo de flexión 6,70 MPa, 9,40 MPa y 8,20 MPa, evidenciándose pequeñas diferencias entre sí, lo que podría atribuirse principalmente a una leve reducción del volumen libre al interior de la matriz por la presión ejercida durante el moldeo, obteniendo un material más compacto y resistente (Ibrahim *et al.*, 2014). Pintiaux *et al.*, (2013) reporta que si se tienen presiones altas de trabajo se espera que la transferencia de calor a través del material sea más rápida y se corre el riesgo que el material se degrade y pierda propiedades mecánicas; por el contrario si se hace un moldeo a presiones bajas la transferencia de calor es lenta y la matriz de harina pre-gelatinizada/fibra no lograría la termo-plastificación completa propiciando la aparición de micro-fisuras en su estructura que disminuyen sus propiedades mecánicas.

CONCLUSIONES

Las condiciones adecuadas del proceso de moldeo por compresión de las bandejas semirrígidas biodegradables a partir de harina de yuca gelatinizada y fibra de fique, fueron 3 mm de espesor, a 190 °C, por 3 minutos y a una presión de 0,50 MPa

Los resultados de flexión para probetas registraron valores de 15,49 MPa y en bandejas semirrígidas de 9,40 MPa

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society For Testing And Materials. 2010. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM D790. West Conshohocken Pennsylvania, 1-10.
- Beltrán, M. y A. Marcilla. 2012. Capítulo 6: Moldeo por compresión. pp. 234-250. En: Universidad de Alicante (ed.). Tecnología de polímeros "*procesado y propiedades*". Primera edición. Universidad de Alicante. Alicante. 276p.
- Ho, M., H. Wang, J. Lee, C. Ho, K. Lau, J. Leng and D. Hui. 2012. Critical factors on Manufacturing processes of natural fibre composites. Composites: Part B 43(8): 3549–3562.
- Ibrahim, F. Mahmoud, M. Hassan and M. Sherif. 2014. Characteristics of starch-based biodegradable composites

reinforced with date palm and flax fibers. *Carbohydrate Polymers* 101:11–19.

Liu, H., F. Xie, L. Yu, L. Chen and L. Li. 2009. Thermal processing of starch-based polymers. *Progress in Polymer Science* 34(12): 1348-1368.

Lomelí, M., S. Kestur, R. González, S. Iwakiri, G. Bolson de Muniz and T. Flores. 2014. Bio-composites of cassava starch-green coconut fiber: Part II-Structure and properties. *Carbohydrate Polymers*. 102: 576– 583.

Mina, H. 2012. Caracterización físico-mecánica de un almidón termoplástico (TPS) de yuca y análisis interfacial con fibras de fique. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(2): 99-109.

Pintiaux, T., V. David, V. Vandebossche, L. Rigal and R. Antoine. 2013. High Pressure Compression-Molding of α -Cellulose and Effects of Operating Conditions. *Materials* 6(6): 2240-2261.

Evaluación Funcional de una Bandeja Biodegradable Obtenida a partir de Harina de Yuca y Fibra de Fique

Functional Assessment of a Biodegradable Tray Obtained From Cassava Meal and Fiber Fique

Gustavo Adolfo Manrique B¹; Héctor Samuel Villada C. ²; Elsa Susana Cajiao B³

1, 2, 3 Colciencias, Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca - CREPIC, Universidad del Cauca, Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Calle 5 No. 4 -70. Popayán, gustavomanrq@gmail.com, hsamuely@yahoo.com, susanacajiao@hotmail.com.

Resumen. Este trabajo buscó establecer algunas características funcionales de una bandeja biodegradable elaborada con harina de yuca y fibra de fique mediante la técnica de moldeo por compresión, se empacaron uvas variedad quebranta en bandejas biodegradables y de poliestireno como referente para su comparación, cubiertas con una película de policloruro de vinilo y almacenadas a una temperatura de 12 °C con el fin de simular las condiciones climáticas en donde comúnmente se encuentran estos productos (supermercados). Los análisis aplicados fueron microbiológicos, gases al interior del empaque y firmeza del producto empacado cada 10 días durante un almacenamiento de 1 mes obteniéndose 4 puntos de control. Se logró establecer que la bandeja biodegradable favorece la proliferación de los hongos y levaduras, promueve la acumulación de gases, y no es un factor que inflencie la firmeza de las uvas.

Palabras clave: Harina de yuca, empaque, microbiología, gases, firmeza.

Abstract. This study sought to establish some functional characteristics of a biodegradable tray made with cassava flour and sisal fiber through the technique of compression molding. Grapes variety quebranta were packed in biodegradable polystyrene as a reference for comparison trays, covered with a film of polyvinyl chloride and stored at a temperature of 12 °C in order to simulate climatic conditions which are commonly found in these products (supermarket). The microbiological analysis were applied, gases within the packaging and product firmness packed every 10 days

during storage for one month to give 4 checkpoints. It was established that the biodegradable tray favors the proliferation of fungi and yeasts, promotes the accumulation of gases, and is not a factor that influences the strength of the grapes.

Key words: Cassava flour, packaging, microbiology, gases, firmly.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del empaque es proteger el contenido de la mayor cantidad de alteraciones que este pueda sufrir, como físicas, químicas y microbiológicas, o las provocadas por el oxígeno, el vapor de agua y la luz (Rodríguez, 2003). Por otro lado, es común encontrar en el mercado frutas empacadas en bandejas de poliestireno ya que es un material muy asequible, económico e inerte que conserva los alimentos adecuadamente, no obstante al ser desechado el empaque inicia su degradación cuando llega a su disposición final (basurero) la cual puede tardar desde unos meses hasta 500 años dependiendo del medio que lo rodea (Escudero, 2006). A través del presente estudio se pretende establecer la funcionalidad de la bandeja semirrígida biodegradable como empaque de la uva variedad quebranta, valorando la presencia de microorganismos, la producción de gases al interior del empaque, la firmeza del fruto y sus cambios fisicoquímicos durante un periodo de tiempo de almacenamiento, y su comparación con uvas empacadas en bandejas comerciales de poliestireno. Actualmente investigaciones similares con bandejas biodegradables producidas con bagazo de yuca y alcohol de polivinilo (PVA) se adelantan en

Brasil (Debiagi, 2014), otros estudios se llevan a cabo en Tailandia, utilizando almidón de yuca, fibra de papel kraft y quitosano para la producción de bandejas biodegradables (Kaisangsri, 2012), siendo países líderes en el uso de la yuca en empaques biodegradables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron uvas variedad quebranta comercializadas en la placita campesina de Popayán-Cauca, las cuales se empacaron en bandejas biodegradables elaboradas con harina de yuca en estado nativo variedad MBRA 383 proveniente de la rallandería La Agustina del municipio de Mondomo-Cauca y fibra de fique variedad ña de águila procedente del resguardo indígena de Paniquitá en el municipio de Totoró-Cauca, la bandeja biodegradable fue obtenida mediante la técnica de moldeo por compresión. El procedimiento de empaqueo también se realizó en bandejas sintéticas de poliestireno expandido. Para el estudio funcional se realizaron análisis microbiológicos donde los recuentos de hongos y levaduras en uvas y bandejas se tomaron en OGY (Oxytetracycline Glucose Yeast Agar) se incubaron a 25 °C durante 5 días; mesófilos aerobios en APC (Plate count agar), se incubaron a 30 °C durante 3 días resultados expresados en log UFC/g (NTC 4132, 1997), también se hizo la determinación de gases al interior del empaque los cuales fueron medidos con un equipo OXYBABY® 6 para O₂/CO₂, resultados expresados en porcentajes, los cambios de la firmeza durante el almacenamiento del fruto fueron determinados mediante la máquina universal de ensayos (Shimadzu, EZ Test L, Japón) con una velocidad de cabezal de 8 mm/min y celda de carga 500 N. Los resultados se expresaron en Newton (N).

Análisis estadístico. Para los resultados de los análisis microbiológicos, gases en el empaque, y la firmeza se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres replicas por tratamiento y se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA), medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey y T3 de Dunnett con un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$) utilizando un software estadístico IBM SPSS. Statistics V21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trabajó con 2 tratamientos T1=Bandeja biodegradable, y T2= bandeja poliestireno, U=Uva y B=Bandeja. El empaque y las uvas tuvieron un aumento en hongos, levaduras y mesófilos de 4 ciclos hasta el día 30 de estudio para ambos tratamientos, El T2 presenta diferencias significativas ($p > 0,05$) en T1-U, T2-U y T2-B para hongos y levaduras, en T1-B el incremento de hongos y levaduras no disminuye en el tiempo y tiende a aumentar debido a los materiales naturales utilizados en la

elaboración de la bandeja que se degradan (Figura 1).

Los recuentos de mesófilos aerobios en el análisis estadístico de varianza no reportaron diferencias significativas ($p > 0,05$) y se pudo observar mayor nivel de crecimiento en T2-U (Figura 2).

El comportamiento de los gases al interior del empaque se mantuvo entre 1,2 y 4,04% para el T1 presento mayor incremento de CO₂ [B] durante el almacenamiento debido a que el material biodegradable puede ser degradado por la acción enzimática de los microorganismos generando CO₂, H₂O y

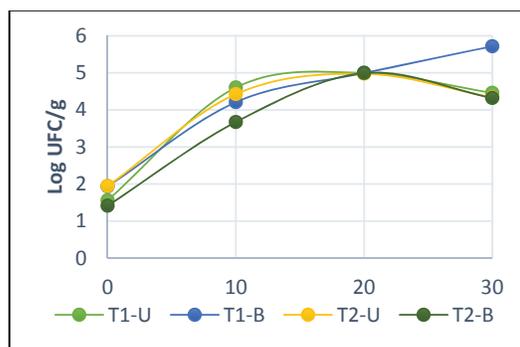


Figura 1. Hongos y levaduras.

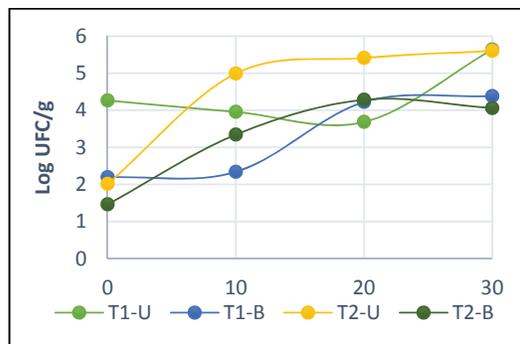


Figura 2. Mesófilos Aerobios.

consecuentemente produciendo una mayor acumulación de CO₂ en conjunto con la respiración de las uvas empacadas (Fig.3).

El análisis estadístico de la varianza reportó diferencias significativas ($p < 0,05$) en T1 en cuanto a CO₂. El T2 no reportó diferencias significativas y se puede observar que los gases son estables en el tiempo. El análisis estadístico de varianzas de los tratamientos T1 y T2 no reportó diferencias significativas ($p > 0,05$) por lo que es posible decir que los días de almacenamiento no influyen en la firmeza de las uvas y el rango de fuerza aplicada se mantuvo entre 3,8 y 4,1 N (Fig. 4).

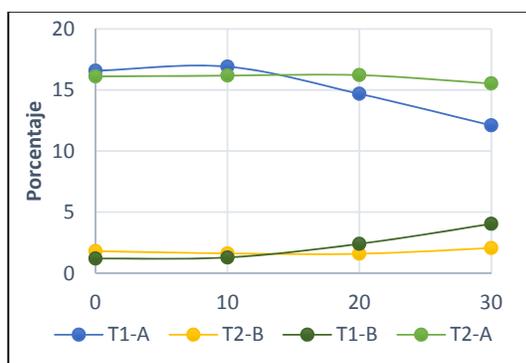


Figura 3. Comportamiento de gases.

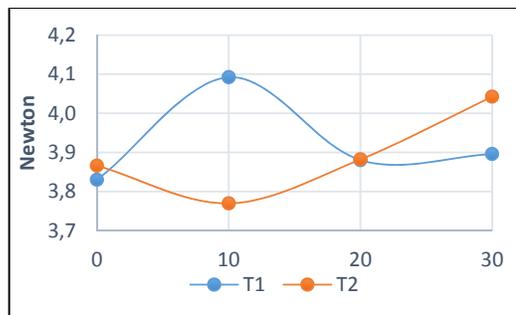


Figura 4. Firmeza del fruto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el apoyo en el desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES

La bandeja biodegradable se comportó de manera similar con respecto a la de poliestireno en cuanto a la presencia de mesófilos aerobios pero en el caso de los hongos y levaduras se favoreció la proliferación de estos en el empaque, de igual manera en el comportamiento de los gases la bandeja tiende a degradarse y generar acumulación de CO₂, en cuanto a la firmeza de los frutos empacados los tratamientos T1 y T2 no influyeron en los cambios con relación a su dureza.

BIBLIOGRAFÍA

- Debiagi, F., R. Kobayashi, G. Nakazato, L. Panagio and S. Mali. 2014. Biodegradable active packaging based on cassava bagasse, polyvinylalcohol and essential oils. *Industrial Crops and Products* 52: 664-670.
- Escudero, María José. 2006. Almacenaje de productos: comercio internacional, gestión del transporte. Thomson Paraninfo. Madrid., 259p.
- Kaisangsri, N., O. Kerdchoechuen and N. Laohakunjit. 2012. Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products* 37(1): 542- 546.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Guía General Para El Recuento De Mohos Y Levaduras. NTC 4132. Bogotá. D.C, El Instituto. 1997. pp. 4-10.
- Rodríguez, Iván. 2003. Empacado de frutas y verduras. En: *Revista Online Del Envase, Empaque Y Embalaje* [Internet].

Efecto del Ácido Esteárico en Películas Flexibles de Almidón de Yuca: Propiedades Mecánicas y Térmicas

Effect of Stearic Acid in Flexible Cassava Starch Films: Thermal and Mechanical Properties

Camilo Elías Montilla B¹; Karen Lorena Delgado M²; Giovanni Alejandro Varona B³ y Héctor Samuel Villada C⁴

1. Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. cmontilla87@gmail.com
2. Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. avaronabeltran@gmail.com
3. Ingeniero Agroindustrial. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. kade9026@gmail.com
4. Profesor titular. Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. <villada@unicauca.edu.co>

Resumen. Se evaluó el efecto de la adición de ácido esteárico (AE) en la obtención de una película flexible obtenida a partir de almidón de yuca termoplástico (TPS) de dos variedades (SM 707-17 y Cumbre 3), ácido poliláctico

(PLA) y policaprolactona (PCL). Se evaluaron propiedades mecánicas de tensión y térmicas por calorimetría diferencial de barrido (DSC), los resultados mostraron un incremento

en la temperatura de fusión del TPS (T_{mTPS}) y disminución en la entalpía de fusión (ΔH_{mTPS}) con la adición del AE. No se evidenció efecto significativo (valor $p > 0,05$) en las propiedades mecánicas evaluadas.

Palabras clave: Extrusión-soplado, ácido poliláctico (PLA), policaprolactona (PCL).

Abstract. The effect of the addition of stearic acid (SA) in obtaining a flexible film obtained from cassava thermoplastic starch (TPS) of two varieties (SM 707-17 and Cumbre 3), polylactic acid (PLA) and polycaprolactone (PCL) were evaluated. Tensile mechanical properties and thermal properties were evaluated by differential scanning calorimetry (DSC), the results showed an increase in the melting temperature of the TPS (T_{mTPS}) and decrease in the enthalpy of fusion (ΔH_{mTPS}) with the addition of SA. No significant effect ($p > 0.05$) was evidenced on the evaluated mechanical properties.

Key words: Blow-extrusion, polylactic acid (PLA), polycaprolactone (PCL).

INTRODUCCIÓN

El almidón, es un polímero abundante proveniente de distintas fuentes renovables como cereales, tubérculos y raíces, el cual ha sido ampliamente utilizado como componente de mezclas de plásticos poliméricos en forma TPS (Teixeira *et al.*, 2011). En este sentido el grupo de investigación de Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial - CYTBIA de la Universidad del Cauca ha venido desarrollando películas flexibles biodegradables obtenidas a partir de la mezcla de almidón nativo de yuca, PLA y PCL. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ácido esteárico en las propiedades mecánicas y en el comportamiento térmico por DSC de las películas flexibles a partir de TPS, PLA y PCL.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó almidón de yuca de dos variedades (SM 707-17 y Cumbre 3) en su estado nativo, glicerina grado alimentario (DISAN S.A), PLA (Ingeo 2002D Cargill Dow Polymers LLC), PCL (Capa Recien S.A) y AE (MERCK). Se realizó la comparación de una película patrón con la obtenida adicionando (AE). Para la obtención de las películas se empleó un extrusor de tornillo sencillo (Thermo Scientific), modelo Haake PolyLab OS. Para determinar el efecto del ácido esteárico en las películas flexibles se realizó un diseño factorial aleatorizado donde las variables independientes fueron: variedad de almidón (SM 707-17 y Cumbre 3) y aditivo (con AE y sin aditivo). La caracterización de los materiales estudiados se realizó bajo los siguientes lineamientos: ASTM D882-09 para propiedades mecánicas, el comportamiento térmico por DSC norma ASTM D3418-08. El nivel de significancia usado para los análisis fue del 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados en la Tabla 1 indican que la variedad del almidón de yuca afectó significativamente ($p < 0,05$) la resistencia máxima a la tensión. En cuanto al aditivo se pudo identificar que este factor no influyó significativamente en estas propiedades. La incidencia de la variedad puede deberse a que la SM 707-17 contiene una mayor proporción de amilosa (22,58% en base seca) frente a la variedad Cumbre 3 (21,58% en base seca) (CREPIC y Universidad del Cauca, 2011). La presencia de dicha cadena lineal en las películas favorecen el aumento de la rigidez, debiéndose a una mayor orientación de las cadenas durante el procesamiento y en la recristalización durante el enfriamiento de la película (Teixeira *et al.*, 2011). Las películas con ácido esteárico presentaron resultados relevantes en cuanto a la resistencia máxima a la tensión, aunque no mostraron diferencia significativa con las películas patrón de cada variedad. El tratamiento que presentó mayor resistencia máxima a la tensión fue el SE, donde el ácido esteárico podría haber saturado las hélices de amilosa disponibles e incorporado eficaz y uniformemente en la matriz de almidón, aumentando la resistencia de la red polimérica (Raphaelides *et al.*, 2012).

Tabla 1. Resultados de las propiedades mecánicas y térmicas.

Tratamiento	Módulo de elasticidad (MPa)	Resistencia máxima a la tensión (MPa)	Elongación máxima (%)	T_{mTPS} (°C)	ΔH_{mTPS} (J/g)
SB	226,790 ± 20,620a	5,824 ± 0,260b	67,030 ± 4,545a	205,95	77,48
SE	241,887 ± 22,560a	6,184 ± 0,168b	71,790 ± 8,967a	209,64	66,68
CB	225,571 ± 26,727a	5,448 ± 0,186a	78,495 ± 6,774a	203,12	117,5
CE	195,851 ± 13,436a	5,125 ± 0,209a	65,049 ± 4,241a	214,37	90,15

SB: película con almidón de la variedad SM 707-17 sin aditivo; SE: película con almidón de la variedad SM 707-17 con ácido esteárico; CB: película con almidón de la variedad Cumbre 3 sin aditivo; CE: película con almidón de la variedad Cumbre 3 con ácido esteárico.

^{a y b} Diferencias significativas entre las medias.

Con resultados obtenidos en el comportamiento térmico por DSC se pudo observar que la entalpía de fusión del TPS (ΔH_{mTPS}) para los tratamientos que contenían aditivo disminuyó con respecto a las muestras patrón de cada variedad, esto podría ser atribuido a que el AE puede interactuar con la amilosa y amilopectina, donde la presencia de un ácido graso produce una plastificación de las cadenas poliméricas (Jiménez *et al.*, 2013). Otro aspecto que se evidenció es que la ΔH_{mTPS} de la variedad Cumbre 3 fue mayor a la SM 707-

17, comportamiento que puede ser atribuido al contenido de amilopectina y a la diferencia en la distribución de sus cadenas entre las variedades (Bertoft *et al.*, 2008), lo que podría permitir diferentes interacciones con los otros componentes de la película aumentando así la cristalinidad. La mayor temperatura de fusión en el pico máximo de la endoterma de fusión del TPS (T_{mTPS}) para los tratamientos con AE, puede reflejar la formación de un complejo amilosa-lípido de larga longitud helicoidal, confiriendo una mayor estabilidad térmica al material obtenido (Kawai *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La inclusión de ácido esteárico en las películas flexibles no influyó significativamente en las propiedades mecánicas, sin embargo la película con almidón de la variedad SM 707-17 y ácido esteárico presentó los valores más relevantes en cuanto a la resistencia máxima a la tensión, mientras que la variedad del almidón afectó esta característica. Las propiedades térmicas fueron afectadas con la incorporación del ácido esteárico lo cual se evidenció con la disminución del diferencial de entalpía y el aumento de la temperatura en el pico endotérmico de fusión del TPS.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society For Testing And Materials. 2010. Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry. ASTM 3418 – 08. West Conshohocken Pennsylvania, 1-10.
- American Society For Testing And Materials. 2010. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM D882 – 09. West Conshohocken Pennsylvania, 1-10.
- Bertoft E., K. Piyachomkwan, P. Chatakanonda and K. Sriroth. 2008. Internal unit chain composition in amylopectins. Carbohydrate Polymers 74(3): 527-543.
- Crepic y Universidad Del Cauca. Producción y caracterización de películas flexibles por extrusión de tornillo simple, a partir de almidón de yuca, plastificante y PLA. Popayán: CREPIC. 2011. p. 32-33. Sexto informe. Presentado al Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural.
- Jiménez A., M.J. Fabra, P. Talens and A. Chiralt. 2013. Phase transitions in starch based films containing fatty acids. Effect on water sorption and mechanical behavior. Food Hydrocolloids. 30(1): 408-418.
- Kawai K., S. Takato, T. Sasaki and K. Kajiwara. 2012. Complex formation, thermal properties, and in-vitro digestibility of gelatinized potato starch-fatty acid mixtures. Food Hydrocolloids 27(1): 228-234.
- Teixeira, E.D.M., A.A. Curvelo, A.C. Corrêa, J.M. Marconcini, G.M. Glenn and L.M. Mattoso. 2012. Properties of thermoplastic starch from cassava bagasse and cassava starch and their blends with poly (lactic acid). Industrial Crops and Products 37(1): 61-68.
- Raphaélides S.N., G. Dimitreli, S. Exarhopoulos, D. Mintzas and A. Lykidou. 2012. Effect of processing conditions on the physicochemical and structural characteristics of pregelatinised starch-fatty acid-glycerol extrudates. Carbohydrate Polymers 88(1): 282-289.

Caracterización Física de Semillas de Chachafruto (*Erythrina edulis* T)

Physics characterization of chachafruto´s seeds (*Erythrina edulis* T)

Katerine Muñoz¹, Victoria Escobar¹, Pablo Rodríguez²

- 1 Estudiantes Ingeniería de alimentos, Facultad de Ciencias Básicas, Administración e Ingeniería. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá, cindykaterinemunoz@gmail.com, johanita.escobar9205@gmail.com.
- 2 Docente Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá pabloerf@gmail.com, perodriguezf@unal.edu.co.

Resumen. Este trabajo consistió en la caracterización de semillas de chachafruto, para lo cual en primer lugar se determinó la parte comestible, separando las semillas de la vaina y pesando cada parte por separado; a las semillas obtenidas se le midió las dimensiones de largo, ancho y grosor, el porcentaje de humedad y el color. Los resultados muestran que la parte comestible correspondiente a las semillas, es en promedio el $52 \pm 4,46\%$ del fruto, presentando una humedad del $77,22 \pm 0,35\%$ y un color rojo oscuro en la cascara y blanco amarillento en la parte interna. En cuanto a las dimensiones de las semillas esta son muy variadas y presenta distintos intervalos de tamaño.

Palabras clave: Rendimiento, colorimetría, esfericidad.

Abstract. This work consists of physics characterization of chachafruto seeds, for which the edible part was determined, classifying the seeds from its husk and weighing each part separately. At obtained seeds length, wide, thickness, moisture percentage and color were measured. The results shows that the edible part belonging to the seeds is the $52 \pm 4.46\%$ from the fruit, showing a dampness of $77,22 \pm 0.35\%$ and a dark red on the husk and yellowy white in

the intern part. The seeds sizes are assortment and have different intervals.

Key words: Output, rendimiento, colorimetry, sphericity.

INTRODUCCIÓN

El chachafruto (*Erythrina edulis* T.) también conocido como balú, poroto o chaporuto, sachaporoto y nopás, es una leguminosa multipropósito, se usa en alimentación humana (semilla) y animal (forraje). Es útil para la recuperación de suelos degradados por su capacidad para fijar el nitrógeno, la formación de cercas vivas y por presentar propiedades medicinales (diurético). El objetivo del trabajo fue realizar la caracterización física las vainas y las semillas del chachafruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos frescos de chachafruto, se obtuvieron de la Plaza de mercado de Paloquemao, Bogotá D.C., Colombia. **Propiedades físicas.** El muestreo se hizo con base en la NTC (Norma Técnica Colombiana N°756) la muestra se le contó el número de vainas y el número de semillas por vaina. También se midió el largo de cada uno de los frutos y de determinó la parte comestible. A las semillas se les determinó las dimensiones empleando un calibrador pie de Rey con precisión de 0,1 mm y estas medidas se usaron para el cálculo de la esfericidad (Bart y Baryeh, 2003; Rodríguez, 2007). **Porcentaje de humedad.** Fue determinado por el método de la AOAC (AOAC, 1999). **Colorimetría.** El color se le determinó a diez semillas tanto a la cáscara como a la parte interna, tomando tres medidas por muestra con el uso del colorímetro portátil marca Minolta CR 300 (Rodríguez, 2010). **Análisis de datos.** A los datos de esfericidad se aplicó un análisis estadístico descriptivo en donde se determinaron medidas de tendencia central y resumen gráfico de los datos con un $n = 120$. Para la comparación de las dos muestras de chachafruto se aplicó la prueba de t-student ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parte comestible del fruto presentó un rendimiento superior al 50% lo cual concuerda con lo reportado en la literatura (Acero y Barrera, 1996; Barrera, 2002). El contenido de humedad determinada fue 77% y es inferior a lo reportado en otros estudios (84%) (Acero y Barrera, 1996). Las semillas presentaron una distribución de tamaños muy variada y una parte comestible del 50% aproximadamente (Tabla 1 y Figura 1), lo cual está acorde a lo reportado en la literatura. En cuanto a la evaluación del color según la escala Hunter Lab, se determinó que la cáscara presenta un color rojo oscuro ($L=22,44 \pm 2,03$; $a=5,43 \pm 2,95$; $b=6,85 \pm 2,56$) y la parte interna un color blanco amarillento con un toque verdoso ($L=71,47 \pm 0,90$; $a= -4,69 \pm 1,87$; $b=20,31 \pm 1,24$).

Tabla 1. Propiedades físicas de la vaina de chachafruto.

Parámetro	1° Muestra	2° Muestra
No. Vainas	24	20
Longitud vaina (cm)	32,88 ± 5,68a	34,73 ± 5,77a
N° de semillas	5,25 ± 1,75a	5,3 ± 1,69a
porción comestible (%)	55,17	48,86

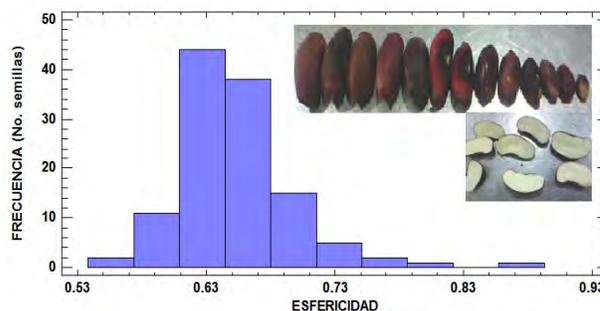


Figura 1. Distribución de la esfericidad de las semillas de chachafruto.

Las filas con misma letra no son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$), con $n = 20$.

CONCLUSIONES

El fruto del chachafruto presenta una longitud de vaina aproximadamente de 30 cm y sus semillas son rojas en la cáscara y amarilla clara en la pulpa, corresponden al 50 % del total del fruto y presentan una esfericidad con un rango desde 0,538 a 0,893 y alta variabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, L. y N. Barrera. 1996. Chachafruto o balú (*Erythrina edulis*, T) cultivo y aprovechamiento. Atípicos editores. Bogotá. 242p.
- AOAC. 1999. Método No 934.06. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international.
- Bart, A. and E. Baryeh. 2003. The physical properties of Category B cocoa beans. *Journal of Food Engineering* 60(3): 219–227.
- Barrera, N. 2002. Origen e historia del chachafruto en Colombia. Palmira, mapa de contracarátula. Entrevistas con CIPAV, ASOBALÚ, intermediarios comercializadores de chachafruto, investigadores.
- Norma Técnica Colombiana (N°756:). 1973. Frutas y Hortalizas Frescas toma de muestras. Primera actualización.
- Rodríguez, P. 2010. Obtención de aislado proteico de amaranto (*Amaranthus* spp.) y harina de plátano (*Musa* sp) para la elaboración de una mezcla deshidratada para bebidas instantáneas. Tesis de Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 92 p.
- Rodríguez P. 2007. Efecto de los agentes alcalizantes sobre las características físicas, químicas y fisicoquímicas del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) de chuao. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 36 p.

Efecto de un Empaque de Almidón de Yuca sobre la Vida Útil del Banano Bocadillo (*Musa acuminata*)

Effect of a Cassava Starch Package on Banana Baby (*Musa acuminata*) Shelf Life

Amanda Parra C.¹, Camilo Elías Montilla B.², Giovanni Alejandro Varona B.³ y Héctor Samuel Villada⁴

1 Estudiante de pregrado. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de ingeniería agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. paca.amandis@hotmail.com

2,3 Ingenieros Agroindustriales. Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. cmontilla87@gmail.com

avaronabeltran@gmail.com

4 Profesor titular. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de ingeniería agroindustrial. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. <villada@unicauca.edu.co>

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un empaque elaborado a partir de almidón de yuca sobre algunas propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del banano bocadillo (*Musa Acuminata*), se trabajó con dos tratamientos T1 (banano sin empaque) y T2 (banano empaque) durante 16 días en condiciones ambientales, realizando periódicamente mediciones de sólidos solubles totales (SST), firmeza, pérdida de peso y análisis microbiológicos. Los resultados obtenidos muestran que la pérdida de firmeza y el aumento de los SST fueron mayores en T2 al igual que el crecimiento microbiano, sin embargo T1 presentó mayor pérdida de peso (25%). Por lo tanto el efecto del empaque hizo que el fruto madurara más rápido y conservara en un 2,5 % más su peso.

Palabras clave: sólidos solubles, firmeza, pérdida de peso, microorganismos.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the effect of packaging made from cassava starch on some physicochemical and microbiological banana baby (*Musa acuminata*) properties. Two treatments: T1 (banana unpackaged) and T2 (banana packaging) for 16 days at ambient conditions were used, periodically taking measurements of total soluble solids (SST), firmness, weight loss and microbiological analysis. The results show that the loss of firmness and the increase in SST were higher in T2 as microbial growth, however T1 presented greater weight loss (25%). therefore the effect of the packaging made the fruit ripen faster and retained 2.5% more weight.

Key words: soluble solids, firmness, weight loss, microorganisms

INTRODUCCIÓN

En varios estudios se ha investigado el posible uso de materiales de base biológica para el envasado de alimentos, en la actualidad parece indicar que los bio-envases principalmente se pueden utilizar para productos de corta vida útil como

frutas y verduras frescas (Peelman *et al.*, 2013), por tal razón en este estudio se evaluó el efecto del uso de una película elaborada a partir de almidón de yuca sobre las propiedades microbiológicas, firmeza, sólidos solubles totales y pérdida de peso del banano bocadillo (*Musa acuminata*), ya que este es un producto climatérico altamente perecedero (Balaguera *et al.*, 2012), que requiere de la evaluación de nuevas tecnologías que contribuyan a prolongar su conservación en fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron bananos bocadillos (*Musa Acuminata*) en estado verde producidos en la finca la fortuna de la Vereda Los Arboles, Municipio de La Sierra (Cauca); Almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad SM 707-17 en estado nativo, suministrado por la rallandería La Agustina, del Municipio de Mondomo (Cauca); Ácido poliláctico (PLA), Policaprolactona (PCL), glicerol grado analítico (pureza del 99,7%). La película de empaque se elaboró por medio de la técnica de extrusión soplado empleando almidón de yuca, glicerol, PLA y PLC, luego de tener el empaque listo se empacó el banano previamente adecuado y se almacenó a °T y HR ambiente (19°C y HR 77,75% promedio) durante 16 días junto con un testigo (banano sin empaque) y cada 2 días se realizaron mediciones de SST, firmeza, pérdida de peso y cada 8 días análisis microbiológicos. Se utilizó un diseño experimental por bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento y el análisis estadístico se efectuó en el software SPSS (IBM SPSS statistics 21) con un nivel de significancia de 0,05. La firmeza se determinó en la máquina universal de ensayos marca Shimadzu modelo EZ-L con una velocidad de 5 mm/min y una distancia de penetración de 10 mm; los SST se midieron en un refractómetro de bolsillo marca Atago y los resultados se expresaron en °Brix; la pérdida de peso se calculó registrando el peso de los bananitos en una balanza (Vibra

modelo SJ) y para los Análisis microbiológicos se realizaron recuentos de mesófilos y hongos tanto para el fruto como para el empaque y se expresaron en log UFC·g⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de firmeza disminuyeron (Figura 1A), presentándose diferencias significativas ($P \leq 0,05$) al transcurrir el periodo de maduración (día 0 a 10) y entre los tratamientos los días 2 y 4, siendo mayor la pérdida de firmeza para el T2. Por el contrario SST se incrementaron conforme avanzaron los días (figura 1B) evidenciándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) hasta el día 10, por efecto del tratamiento y del tiempo siendo mayor los °Brix para el T2. Este fenómeno se debe a la concentración de etileno dentro del empaque, ya que entre los efectos que produce esta la aceleración de los proceso fisiológicos de maduración, como lo es la concentración de azúcares y la pérdida de firmeza (Mejía, 2013).

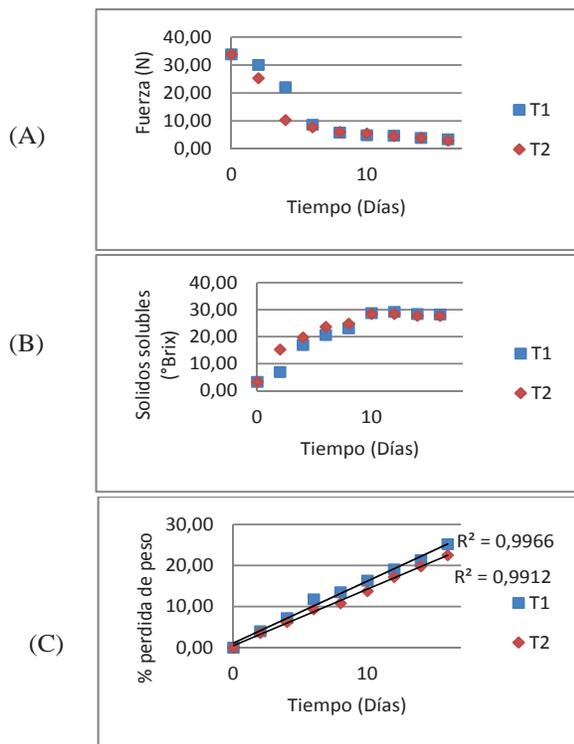


Figura 1. Propiedades físico químicas del banano bocadillo (A) firmeza, (B) sólidos solubles y (C) pérdida de peso.

En cuanto a la pérdida de peso también se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) al transcurrir los días, obteniéndose una gráfica de tendencia lineal (figura 1C) y también entre los tratamientos los días 6, 8, 10 y 16, siendo menor la pérdida en el T2 (22,5%), lo cual puede ser debido a las concentraciones de CO₂ y de humedad en la atmosfera

del empaque, que hacen que la respiración y transpiración del fruto se reduzcan (Balaguera *et al.*, 2012) y también a la acción de barrera que ejerce el material de empaque (Palacín, 2012). La figura 2 muestra el recuento de mesofilos (A) y de Hongos (B), en donde tanto el T1 como el T2 y el T2b (empaque) tuvieron un considerable ascenso, presentándose diferencias ($p \leq 0,05$) por efecto del tratamiento y del tiempo en ambos microorganismos. En mesofilos el T1 presentó el menor crecimiento (3,34 log ufc/g) que el T2 (3,52 log ufc/g) y que el T2b (4,18 log ufc/g), sin embargo los valores se encuentran dentro del rango permitido según la norma NTC 267 (2007) y según los resultados reportados por Ramírez *et al.* (2013).

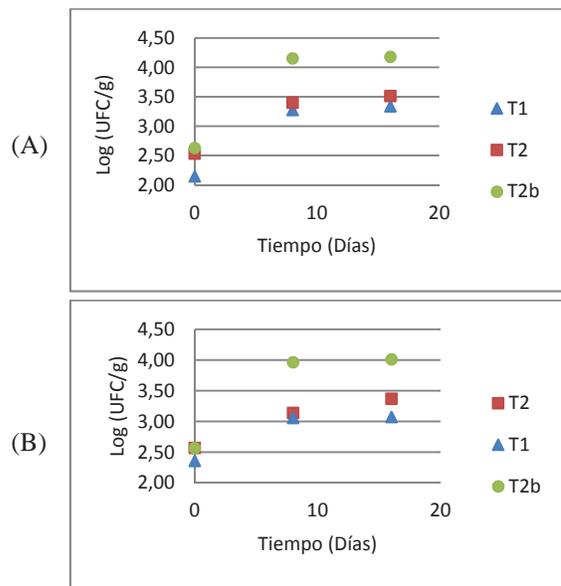


Figura 2. Recuento microbiológico. (A) Mesofilos y (B) Hongos y levaduras.

En cuanto a Hongos el mayor recuento lo presentó el T2b con un valor de 4,01 log UFC/g, lo cual según la NTC 267 (2007) y Tobón (2013), el valor se encuentra fuera del límite permitido; sin embargo el crecimiento es comprensible debido a que el empaque está hecho a base de carbohidrato (almidón de yuca), considerado un buen sustrato para estos microorganismos (Tobón, 2013), además de la °T y HR manejadas y de la actividad de agua producto del metabolismo (respiración y transpiración) del bananito.

CONCLUSIONES

No se logró prolongar la vida útil del banano bocadillo, pero si se logró reducir la pérdida de peso en un 2,5%. También el efecto del empaque hizo que el fruto madurara más rápido con un mayor incremento de los SST, disminución de firmeza y mayor crecimiento microbiano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al departamento administrativo de ciencia, tecnología e innovación COLCIENCIAS por la financiación y a la Universidad del Cauca por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Balaguera H.E., J. García y A. Herrera. 2012. Conservación del fruto de banano bocadillo (*Musa AA Simmonds*) con la aplicación de permanganato de potasio (KMnO₄). Revista Colombiana de ciencias hortícolas 2(6):161-171.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Harina de trigo. NTC 267 Bogotá, D.C.: El Instituto, 2007.
- Mejía-Gutiérrez L.F. 2013. Evaluación del comportamiento físico y químico poscosecha del plátano dominico hartón (*musa aab simmonds*) cultivado en el Municipio de Belalcázar (Caldas). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 78p.
- Palacín-Beltrán J.R. 2012. Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, n-acetil-cisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 55p.
- Peelman, N., P. Ragaert, B. De Meulenaer, D. Adons, R. Peeters, L. Cardon, F. Van. and F. Devlieghere. 2013. Application of bioplastics for food packaging. Trends in Food Science & Technology. 32(2): 128-141
- Ramirez, J., I. Aristizábal, y J. Restrepo. 2013. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. VITAE, revista de la facultad de química farmacéutica 3(20):172-183.
- Tobón, I.R. 2013. Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina. Facultad de Ciencias. Tesis bioquímica farmacéutica. Escuela de bioquímica y farmacia de Ecuador. Riobamba. 107p.

Transferencia de Materia y Aspectos Energéticos del Secado Convectivo de Hojas de Estevia (*Estevia rebaudiana Bertoni*)

Matter and Energy Transfer Aspects of Convective Drying Stevia Leaves (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

Vega, A¹., Moraga, N¹., Lemus, R¹., Astudillo S.¹, Puente, L.²

1 Universidad de La Serena, Facultad de Ingeniería, Av. Raúl Bitrán S/N, avegag@userena.cl

2 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Av. Olivos 1007, lpuente@ciq.uchile.cl

Resumen. En este trabajo se estudió la influencia de la temperatura de secado de hojas de la planta *Estevia rebaudiana Bertoni* sobre el coeficiente de difusión de agua y sobre el consumo de energía. Para esto se llevaron a cabo experimentos de secado convectivo a 6 temperaturas (30, 40, 50, 60, 70 y 80 °C) a una velocidad constante de 2 m/s registrando la pérdida de masa a intervalos de tiempo regulares hasta alcanzar una condición de equilibrio. Para el estudio de la difusión se emplearon las ecuaciones derivadas de la segunda Ley de Fick para tiempos largos y una geometría de película delgada en una sola dimensión. El consumo energético específico se determinó según lo propuesto por Motevali et al. (2011). Los resultados obtenidos indican que la difusividad efectiva se incrementó conforme se incrementó la temperatura del tratamiento obteniéndose valores entre 0,849–8,110x10⁻¹² m²/s en el rango de temperaturas empleadas 30 a 80 °C. Con respecto al consumo energético se observaron valores entre 316,59 y 716,19 kJ/kg observándose descensos en el consumo energético específico desde 40 a 80 °C como consecuencia de los tiempos de proceso hasta alcanzar un contenido de humedad del 10% en base húmeda.

Palabras clave: Plantas medicinales, edulcorantes naturales, deshidratación, difusividad.

Abstract. In this work the influence of the drying conditions on the diffusion coefficient of water and energy consumption of *Estevia rebaudiana Bertoni* leaves under different drying temperatures was studied. For this purpose experiments of convective drying to 6 temperatures (30, 40, 50, 60, 70 and 80 °C) at a constant speed of 2 m/s were carried out. Mass loss at regular intervals of time until an equilibrium condition was recorded. Diffusion equations derived from Fick's second law for long times and thin film geometry in one dimension were used. The specific energy consumption was determined as proposed by Motevali et al. (2011). The results indicate that the effective diffusivity increased as the treatment temperature increased yield values between 0.849 - 8.110x10⁻¹² m²/s in the temperature range 30-80 °C. Regarding to energy consumption, values were from 316.59 to 716.19 kJ / kg. Decreases were observed in the specific energy consumption from 40 to 80 °C as a result of process time to reach a moisture content of 10% on wet basis.

Key words: Medicinal plants, natural sweeteners, dehydration, diffusivity.

INTRODUCCIÓN

La deshidratación es el principal método de procesamiento de plantas medicinales para la obtención en procesos posteriores de los principios activos contenidos en éstas. En el caso de la estevia existe un alto interés debido a que en su composición química se encuentran sustancias con alto poder edulcorante como rebaudiosidos y esteviosidos, entre otras sustancias de interés tecnológico. Por otra parte, el estudio de los fenómenos de transferencia de materia entrega importante información que permite administrar y controlar la eficiencia en los procesos de deshidratación, además el estudio de estos parámetros permite evaluar el impacto ambiental asociado al gasto energético empleado en el proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para éste trabajo se emplearon hojas de Estevia rebaudiana Bertoni cultivadas en un invernadero local en la zona de La Serena-Chile, las hojas fueron separadas del tallo y seleccionadas en base al color, tamaño y frescura para asegurar homogeneidad en la materia prima. Posteriormente fueron refrigeradas en bolsas de polietileno hasta los experimentos de secado. El proceso de secado se llevó a cabo en un secador experimental con control de temperatura y velocidad del aire, se ensayaron 6 temperaturas de secado 30, 40, 50, 60, 70 and 80 °C y un flujo de aire constante de $2,0 \pm 0,2$ m/s, las muestras de hojas de estevia fueron dispuestas en una bandeja de acero inoxidable con capacidad de 20 g y se dispusieron formando una capa fina. A continuación se realizaron mediciones de peso a intervalos de tiempo regulares mediante una balanza conectada a un computador personal hasta que se alcanzó una condición de peso constante. Para el estudio de los fenómenos de transferencia de material se emplearon las ecuaciones derivadas de solución de la segunda ley de Fick (Di Scala and Crapiste 2008):

Tabla 1. Difusividad efectiva para las temperaturas de trabajo 30 a 80 °C.

Temperatura °C	Difusividad Efectiva ($D_{ve} \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	r^2
30	$0,849 \pm 0,050^a$	0,989
40	$1,213 \pm 0,039^a$	0,992
50	$2,193 \pm 0,127^b$	0,979
60	$3,506 \pm 0,216^c$	0,978
70	$4,969 \pm 0,028^d$	0,978
80	$8,110 \pm 0,946^e$	0,941

$$\frac{\partial MR}{\partial t} = D_{ve} \frac{\partial^2 MR}{\partial x^2} \quad (1)$$

El consumo energético específico para calcular la energía necesaria por kg de estevia se obtuvo considerando los conceptos de densidad de carga (kg/m²), velocidad del aire (m/s), densidad del aire (kg/m³), tiempo total de secado y calor específico, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$E_t = \frac{v r_a C_a \Delta T t}{d \Delta X} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las curvas experimentales de secado, donde se observa una tendencia exponencial decreciente, reduciéndose los tiempos de secado según se incrementa la temperatura de secado 586, 428, 233, 141, 98 y 59 minutos para las temperaturas de 30, 40, 50, 60, 70 y 80°C, respectivamente.

Con respecto a la difusividad efectiva de agua, los valores se incrementaron de manera importante conforme se incrementó la temperatura del aire de secado, obteniéndose valores desde $0,849-8,110 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ para el rango de 30 a 80 °C. Valores similares a los encontrados por otros autores para material vegetal de similares características. Se obtuvo que las diferencias entre las temperaturas de 30 y 40 °C fueron insignificantes y se obtuvieron cinco grupos homogéneos (30-40, 50, 60, 70, 70-80 °C).

Con respecto a la influencia de la temperatura en el consumo energético específico se observaron valores

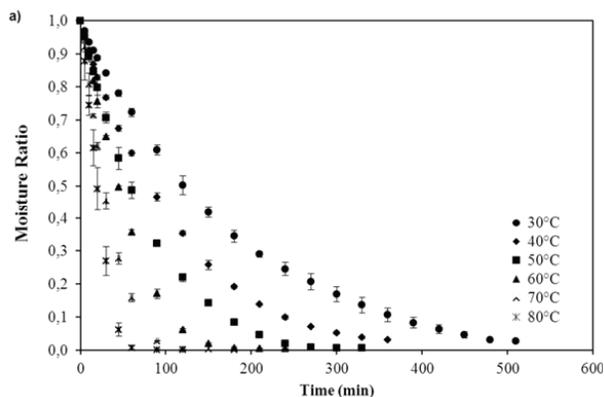


Figura 1. Curva de secado para estevia desde 30 a 80°C.

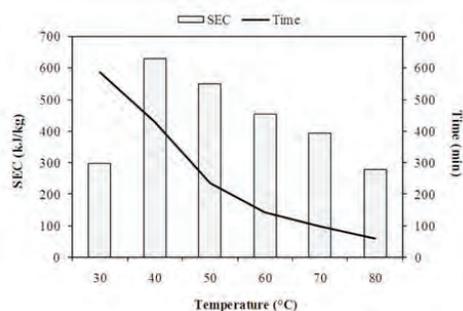


Figura 2. Consumos energéticos.

desde 316,59 hasta 716,19 kJ/kg destacándose el descenso que se produce con las temperaturas desde 40 hasta 80 °C.

CONCLUSIONES

Se concluye que el comportamiento observado para las hojas de estevia es similar a lo obtenido para otras especies vegetales de hojas y con los datos obtenidos se ha generado información útil para el procesamiento de las hojas de estevia.

Diferenciación de Miel de Abejas Procedentes de Cultivos de Frutos Tropicales Utilizando Nariz Electrónica

Differentiation of Honey Bees from Tropical Fruit Crops Using Electronic Nose

Consuelo Díaz-Moreno*¹, Rodrigo Vásquez²

1 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, amcdiazmo@unal.edu.co.

* Autor a quien dirigir la correspondencia.

2 Investigador Profesional Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA

Resumen. La miel es un alimento energético que contiene más de 400 sustancias volátiles responsables del flavor característico, formado durante el proceso de maduración de la miel en la colmena, relacionado con características propias de su origen botánico y geográfico. Se evaluaron muestras de miel de cultivos de cítricos, aguacate, mora, fresa y mango polinizados con abejas *Apis mellifera* en los departamentos de Meta, Tolima y Cundinamarca (Colombia). Para evaluar el perfil aromático se utilizó la nariz electrónica, prueba no destructiva diseñada para analizar, reconocer e identificar niveles muy bajos de sustancias químicas volátiles. Se evaluó el perfil aromático a 108 muestras de miel de abejas procedentes de diferentes cultivos tropicales; el análisis de componentes principales (PCA) indica que las respuestas de los sensores tienen la capacidad de discriminar y clasificar muestras de miel de acuerdo con su origen botánico.

Palabras clave: Perfil aromático, mora, fresa, mango, aguacate, cítricos.

Abstract. Honey is an energy food that contains more than 400 volatile substances responsible for the characteristic flavor formed during ripening of honey in the hive, related to their own botanical and geographical origin. Honey samples of citrus crops, avocados, blackberries, strawberries and mango pollinated bees *Apis mellifera* in the departments of Meta, Tolima and Cundinamarca (Colombia) were evaluated. To estimate the flavor profile of honey, the electronic nose (nondestructive practice designed to analyze, recognize and identify very low levels of volatile chemicals) was used. Aromatic profile 108 honey samples from different tropical crops was analyzed. The principal component analysis (PCA) indicates that the responses of the sensors have the ability to discriminate and classify honey samples according to their botanical origin.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo financiero entregado por el proyecto FONDECYT Regular N°1130558 para la publicación de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Montevali, A., S. Minael, and M.H. Khoshtagaza. 2011. Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management* 52(2): 1192–1199.
- Di Scala, K. and G. Crapiste. 2008. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT - Food Science and Technology* 41(5): 789–795.

Key words: Aromatic profile, blackberry, strawberry, mango, avocado, citrus

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria y la producción de alimentos depende en gran medida de la polinización natural intermediada por insectos: un servicio clave que abejas y otros polinizadores prestan al ecosistema. Sin la polinización entomófila (realizada por insectos) aproximadamente un tercio de los cultivos que consumimos tendrían que ser polinizados por otros medios o producirían una cantidad de alimento significativamente menor, bajaría la productividad de hasta un 75% de nuestras cosechas. Sin duda, los cultivos más nutritivos e interesantes para nuestra dieta— entre ellos, muchas frutas y verduras, así como ciertos cultivos forrajeros utilizados para la producción de carne y lácteos— se verían afectados de manera grave por un descenso en las poblaciones de insectos polinizadores; sufriría, en particular, la producción de frutas, hortalizas y semillas (Vásquez *et al.*, 2011, Greenpeace, 2013).

La miel es un producto biológico que se modifica con el tiempo, cuya composición química varía, dentro de ciertos límites, en función del origen floral, de factores edáficos y climáticos, del material libado, así como del procedimiento utilizado en su extracción y comercialización (Sáinz *et al.*, 2000). Las propiedades biológicas convierten a la miel en un producto natural dentro de la alimentación; desde el punto de vista bromatológico es una solución sobresaturada de azúcares con predominio de fructosa y glucosa y, en menor proporción, una mezcla de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, compuestos fenólicos, pigmentos, cera y granos de polen (Estupiñán *et al.*, 1998). Para diferenciar y clasificar mieles por origen botánico y geográfico, el perfil aromático utilizando la nariz electrónica es una técnica de análisis con gran aplicabilidad, una práctica no destructiva diseñada para analizar, reconocer e identificar niveles muy bajos de sustancias químicas volátiles. Un arreglo de sensores electroquímicos crea una huella única digital de la muestra, haciendo posible el control de calidad, la caracterización, clasificación y diferenciación de muestras y como herramienta de control para identificar problemas que amenazan la comercialización, tales como la falsificación y la adulteración.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el perfil aromático de muestras de miel procedentes de colmenas ubicadas en áreas de influencia de cultivos de cítricos, aguacate, mora, fresa y mango polinizados con abejas ***Apis mellifera*** en los departamentos de Meta, Tolima y Cundinamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 108 muestras de miel procedente de colmenas ubicadas en cultivos de frutos tropicales polinizados con abejas *Apis mellifera* en los departamentos de Meta, Tolima y Cundinamarca; 21 muestras de cítricos (C), 20 muestras de aguacate (A), 30 muestras de mora (MR), 18 muestras de fresa (F) y 19 muestras de mango (MG).

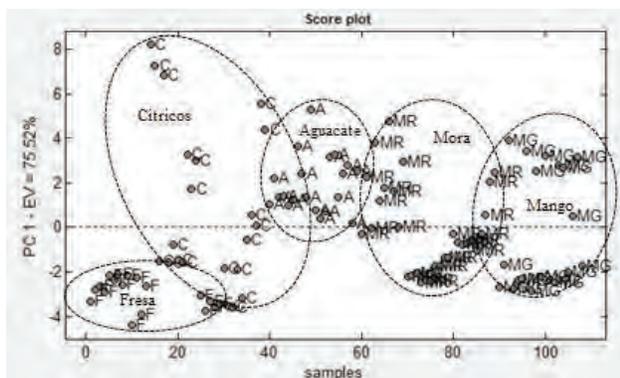
En el análisis del perfil aromático se utilizó una nariz electrónica portátil Aisense Analytics GmbH PEN3 con un arreglo de 10 diferentes sensores de óxidos de metales (MOS) ubicados en una cámara de un volumen de 1,8 mL.

Se pesaron $3 \pm 0,3$ g de cada muestra de miel en viales de 15 mm de diámetro y se estabilizó durante 20 minutos a 40 °C en estufa. Posteriormente, se hizo la medición con un flujo de gas en la cámara de 60 mL min⁻¹ y se realizó la medición durante 150 segundos (Zuluaga *et al.*, 2011). El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de componentes principales (PCA) utilizando el software MATLAB®.

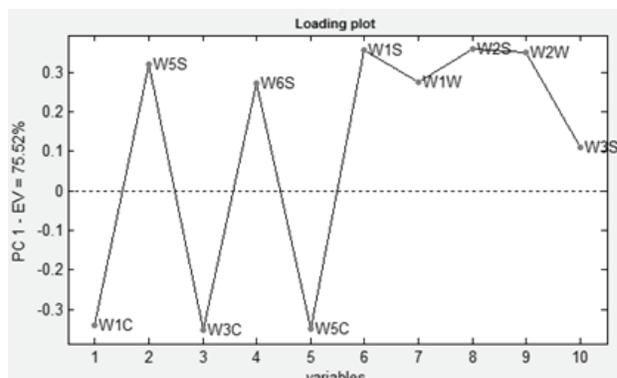
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales (PCA) presenta la clasificación de las muestras de miel de abejas procedentes de cultivos de frutos tropicales polinizados (Figura 1). El primer componente explica el 75,52% de la varianza de los datos obtenidos en el perfil aromático de las muestras de miel. Los sensores que mayor respuesta presentaron son los asociados a compuestos aromáticos y alifáticos, hidrocarburos de cadena corta, alcoholes, compuestos clorados, y nitrogenados (sensores W1C, W3C, W5C, W1S, W2S, W2W, W5S y W6S). Los sensores que menor influencia tienen en la diferenciación de mieles entre cultivos están: W1W y W3S, asociados con compuestos azufrados y compuestos alifáticos de cadena corta.

La huella digital de las muestras de miel proveniente de cultivos de frutos tropicales polinizados permite una diferenciación y clasificación por compuestos volátiles (Hernández *et al.*, 2005), tal como lo indican muchos estudios para mieles monoflorales europeas (Ampuero *et al.*, 2004, Benedetti *et al.*, 2004, Lammertyn *et al.*, 2004). Todos los tipos de miel comparten ciertas características, incluyendo un contenido de humedad inferior al 20%, un contenido de azúcares reductores entre 60-65% y un contenido de sacarosa entre 5-10% (Jean-Prost *et al.*, 1987, Terrab *et al.*, 2002, Nagai *et al.*, 2003, Ouchemoukh *et al.*, 2005), características por las cuales no se pueden establecer diferencias. Al contrario, son los existentes en menor proporción los que se emplean para discriminar



a



b

Figura 1. Análisis de componentes principales (PCA) para muestras de miel procedentes áreas de influencia de cultivos de cítricos, aguacate, mora, fresa y mango polinizados con abejas *Apis mellifera*. En (a) se presentan los resultados del *score plot*. En (b) se muestra el *loading plot* del análisis en se observa la influencia de los diferentes sensores de la nariz electrónica.

muestras y detectar potenciales fraudes (Ojeda *et al.*, 2004, Hernández, Fraga *et al.*, 2005). En este estudio la evaluación de la fracción volátil clasifica las muestras de acuerdo con su origen.

CONCLUSIÓN

El análisis del perfil aromático de muestras de miel procedentes de colmenas ubicadas en cultivos tropicales polinizados con *Apis mellifera* es un procedimiento no destructivo y rápido que explica la diferenciación de muestras de miel, los compuestos volátiles que mayor influencia tienen en su clasificación son aromáticos y alifáticos, hidrocarburos de cadena corta, alcoholes, compuestos, clorados, y nitrogenados.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Efecto de factores genéticos, medio ambientales y de manejo sobre la calidad y la producción de miel y polen en cinco cultivos frutícolas promisorios exportables de Colombia financiado por COLCIENCIAS y desarrollado por CORPOICA.

BIBLIOGRAFÍA

Ampuero, S., S. Bogdanov and J. Bosset. 2004. Classification of unifloral honeys with an MS-based electronic nose, using different sampling modes: SHS, SPME and INDEX European Journal of Food Research and Technology 218: 198-207.

Benedetti, S., S. Mannino, A. Sabatini and G. Marazzan. 2004. Electronic nose and neural network use for the classification of honey. *Apidologie* 35(4): 397-402.

Estupiñan, S., E. Sanjuan, R. Millan y A. González-Cortes 1998. Parámetros de calidad de la miel: II. Composición Química. *Revisión. Alimentaria* Noviembre: 117 - 122.

Greenpeace. 2013. El declive de las abejas. Greenpeace Internacional

Amsterdam (Países Bajos).

Hernández, O., J. Fraga., A. Jiménez., J. Jiménez and J. Arias 2005. Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chemistry* 93(3): 449 - 458.

Jean-Prost, P., O. Medori. 1987. *Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher*. Paris. Lavoisier: 310 - 346.

Lammertyn, J., E. Veraverbeke and J. Irudayaraj. 2004. Nose technology for the classification of honey based on rapid aroma profiling. *Sensors and Actuators B* 1: 54 - 62.

Nagai, T., R. Inoue, H. Inoue and N. Suzuki 2003. Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis. *Food Chemistry* 80(1): 29 - 33.

Ojeda, G., B. Sulbarán, A. Ferrer and B. Rodríguez. 2004. Characterization of Honey produced in Venezuela. *Food Chemistry* 84(4): 499 - 502.

Ouchemoukh, S., H. Louaileche and P. Schweitzer 2005. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control* 18(1): 52 - 58.

Sáinz, C. y C. Gómez 2000. *Mieles españolas*. Ediciones Mindi-Prensa. Madrid (España).

Terrab, A., M. Diez. and F. Heredia 2002. Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry* 79(3): 373 - 379.

Vásquez, R., H. Ballesteros, J. Tello, S. Castañeda, N. Calvo, N. Ortega y L. Riveros. 2011. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Librería virtual CORPOICA. Bogotá - Colombia.

Zuluaga, C., C. Díaz-Moreno y M. Quicazán 2011. Estandarización y validación del método de análisis del perfil aromático por nariz electrónica. *Ingeniería e Investigación* 31: 65-73.

Efecto de la Humedad en Propiedades Físicas de Semillas de Arveja (*Pisum sativum* L.)

Effect of Moisture in Physical Properties of Pea Seed (*Pisum sativum* L.)

William Diaz¹; Andrés Cerón C²; Oswaldo Osorio M^{1*}; Diego Mejía E¹

1 Facultad Ingeniería Agroindustrial. Departamento procesos Industriales. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

* Corresponding autor: Osorio_oswaldo@udenar.edu.co

Resumen. Se determinó el efecto del contenido de humedad en algunas propiedades físicas en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.), de dos variedades Alcalá (AL) y Sureña (SU). Las propiedades se determinaron en estado seco y rehidratado utilizando la relación semillas/agua 1:6 (p/v), por espacio de 12 horas. La humedad inicial de los materiales en su orden fue de 11,36% y 11,65% y la humedad final de 51,03% y 54,46%, respectivamente. Se evidenció incrementos en: peso de mil semillas: AL (62,25%) y SU (88,51%); esfericidad: AL (1,09%) y SU (2,06%); porosidad: AL (25,20%) y SU (44,33%); ángulo de reposo: AL (35,69%) y SU (67,80%). Así mismo se determinó disminuciones en: densidad real: AL (12,60%) y SU (11,86%) y densidad a granel: AL (22,67%) y SU (21,45%). Los materiales difirieron significativamente en las dos humedades.

Palabras clave: Rehidratación, variedad, genealogía.

Abstract. The effect of moisture content on some physical properties of two varieties (Alcalá and Southern) of pea (*Pisum sativum* L.) seeds was determined. The properties were determined in the dry state and rehydrated using the seed/water 1:6 (w/v) ratio, for 12 hours. The initial moisture content of the materials was in the order of 11.36%, 11.65% and 51.03% final moisture and 54.46%, respectively. Increase was observed in: one thousand seed weight: AL (62.25%) and SU (88.51%); sphericity: AL (1.09%) and SU (2.06%); porosity: AL (25.20%) and SU (44.33%); angle of repose: AL (35.69%) and SU (67.80%). Also decreases were determined: Real density: AL (12.60%) and SU (11.86%) and bulk density: AL (22.67%) and SU (21.45%). Materials differed significantly in the two humidities.

Key words: rehydration, variety, genealogy.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.), es fuente importante de proteínas, carbohidratos y vitaminas (Barac *et al.*, 2010). En Colombia la diversidad es amplia, con un gran número de cultivares que se han mejorado (Ligarreto y Ospina, 2009). En 2012, se realizó el lanzamiento de dos variedades, resultado de investigación del grupo Cultivos Andinos de la Facultad de Agronomía

de la Universidad de Nariño, quienes evaluaron 20 líneas; como resultado las líneas 7325 y 7143-3, resultaron aptas agrónomicamente para el departamento de Nariño, siendo dos nuevas variedades (Alcalá y Sureña); superiores en calidad comercial y productividad (Cuervo, 2012). Respecto del consumo de arveja, se hace en fresco y en seco, estas últimas deben ser rehidratadas para su posterior uso. Según (Marín *et al.*, 2006) entre las propiedades de calidad a consideran en un alimento deshidratado que ha sido rehidratado, están las propiedades estructurales (esfericidad, densidad, porosidad etc.). (Sessiz y Kizil, 2007) mencionan que este conocimiento proporciona datos de ingeniería, para el diseño de equipos. Sin embargo aún son escasas las investigaciones referentes a características físicas dependientes de humedad en semillas de arveja. En este contexto el objetivo de estudio fue determinar algunas propiedades físicas en estado seco y rehidratado, en dos variedades de arveja (*Pisum sativum*, L.), Alcalá y Sureña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación material. Se utilizó 5 Kg de semillas de cada variedad (Alcalá y Sureña), con humedad $13 \pm 2\%$. El material fue inspeccionado de acuerdo a la NTC 791, solo se manejó arveja con diámetro mayor o igual a 6.35 mm, posteriormente se llevó la humedad de los materiales alrededor del 11%, empleando un secador de bandejas construido por (INDUSTRIAS QUIMICAS FIQ LTDA.), a una temperatura de 45°C con velocidad de aire de 2 m/s durante 6 horas; posteriormente se llevó a cabo la rehidratación, utilizando una relación semillas/agua 1:6 (p/v); las muestras se mantuvieron en refrigeración a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 horas.

Diseño experimental. El factor de estudio, fue el contenido de humedad de las semillas, considerando dos niveles (seco y rehidratado). Se utilizó un diseño completamente al azar con diez repeticiones; las variables de respuesta fueron: peso de mil semillas, esfericidad, densidad real y a granel, porosidad a granel y ángulo de reposo. El análisis de resultados se realizó con

el programa InfoStat versión 2012; mediante la prueba de comparación de la LSD de Fisher a un 5%.

Determinación propiedades. La humedad (b.h), se determinó mediante la metodología descrita por (Bernal, 1998); el peso de mil semillas, esfericidad, densidad aparente, densidad real y porosidad a granel se determinaron utilizando las metodologías descritas por (Yacin *et al.*, 2007); el alguno de reposo de determinó empleando la metodología de (Amin *et al.*, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Efecto del contenido de humedad. En la Tabla 1, se exponen los valores obtenidos para cada una de las propiedades físicas en los dos niveles de estudio.

Tabla 1. Promedio y variación propiedades físicas.

Material	Granos Secos	Granos Rehidratados
	Humedad (%)	Humedad (%)
Alcalá	11,363±0,918a	51,033±1,125a
Sureña	11,654±0,915a	54,467±0,929b
	Peso mil semillas (g)	Peso mil semillas (g)
Alcalá	426,500±7,427a	693,200±6,546a
Sureña	361,400±17,399b	681,300±9,250b
	Esfericidad	Esfericidad
Alcalá	0,911±0,035a	0,901±0,010a
Sureña	0,918±0,014b	0,915±0,010b
	Densidad real (Kg/m3)	Densidad real (Kg/m3)
Alcalá	1239,566±14,460a	1083,279±56,547a
Sureña	1222,150±16,065b	1077,161±60,503a
	Densidad a granel (Kg/m³)	Densidad a granel (Kg/m³)
Alcalá	965,000±2,708a	746,200±8,456a
Sureña	952,800±2,530b	748,400±11,108a
	Porosidad	Porosidad
Alcalá	22,141±0,933a	27,733±4,294a
Sureña	22,027±0,997a	31,793±3,459b
	Angulo de reposo (grados)	Angulo de reposo (grados)
Alcalá	20,991±0,642a	28,483±1,288a
Sureña	18,235±1,120b	30,600±0,583b

* Valores promedios (n = 10) ± desviación estándar. Para cada propiedad, letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza

Los resultados del peso de mil semillas, coinciden con las tendencias presentadas por (Yacin *et al.*, 2007) y (Paksoy y Aydin, 2006), en semillas de arveja, reportando incrementos

conforme aumenta la humedad. En cuanto a la *esfericidad*, contenidos de humedad superiores ocasionan disminuciones de este valor; contrario a lo reportado por (Yacin *et al.*, 2007), quienes reportan una correlación lineal conforme aumenta la humedad; esa correlación se logra con contenido de humedad inferiores al 30% b.h, porcentajes superiores ocasionan disminución de este valor. Así mismo, los resultados de densidad real y aparente, coinciden con la tendencia presentada por (Yalcin *et al.*, 2007), pero contraria a la presentada por (Paksoy y Aydin, 2006), quienes reportan incrementos al aumentar el contenido de humedad, pese a esta afirmación, la disminución de este valor, se debe a que el agua va ocupando espacio dentro de la semilla, al ser la densidad del agua menor que la densidad de la semilla, esta última se acercará a la del agua. Respecto de porosidad a granel, se evidenció aumentos en el valor, atribuida a un cambio en el volumen del material, lo cual deja mayor cantidad de huecos en el lecho formado. Por ultimo en el ángulo de reposo, se evidenció aumento, debido a que la humedad en la capa superficial de los granos la cual lograría mantenerlos unidos, por efecto de tensión superficial.

CONCLUSIONES

Se evidenció diferencias significativas entre la variedad Alcalá y Sureña en los dos niveles (seco y rehidratado); mostrando aumentos en los valores de las propiedades físicas con forme aumento el contenido de humedad: peso de mil semillas, esfericidad, porosidad y ángulo de reposo y disminuciones en la densidad real y densidad a granel.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones, (VIPRI) de la Universidad de Nariño, aprobación del proyecto 274 en la convocatoria docente de 2010. Y al SGR por el apoyo al presente proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Amin, M., M. Hossain, and C. Roy. 2004. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering* 65: 83–87.
- Barac, M., S. Cabrilo, M. PesiC, S. Stanojevic and S. Zilic. 2010. Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pisum sativum*) genotypes. *International Journal of Molecular Science* 11: 4973-4990.
- Bernal De R. I. 1998. *Análisis de alimentos*. Tercera edición. Guadalupe, Bogotá. 58-60 p.
- Cuervo, C. 2012. *Desarrollan arvejas más nutritivas*. En: Universidad Nacional de Colombia, <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/nc/ndetalle/cat/video/pag/2/articulo/desarrollan-arvejas-mas-nutritivas.html>. Consulta: febrero 2014.

Ligarreto, G. y A. Ospina, 2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana* 27(3): 333-339.

Marin, B., M. Lemus, M. Flores y G. Vega. 2006. La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición* 33 (3): 527-538.

Paksoy, M. and C. Aydin. 2006. Determination of some physical

and mechanical properties of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9 (1): 26-29.

Sessiz, A. and S. Kizil. 2007. Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis* spp.). *Journal of Food Engineering* 79: 1426-1431.

Yalcin, I., C. Ozarslan, and T. Akba. 2007. Physical properties of pea (*Pisum sativum*) seed. *Journal of Food Engineering* 79(2): 731-735.

Caracterización Térmica y Estructural de Polihidroxialcanoatos Utilizando Almidon Nativo de Yuca (*manihot esculenta crantz*)

Thermal and Structural Characterization of Polyhydroxyalkanoates Using Yucca Starch (*manihot esculenta crantz*)

José Luis Hoyos S^{1*}; Edier Gaviria Acosta²; Ivan Otero Ramirez³

1 Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. Universidad del Cauca jlhoyos@unicauca.edu.co

2 Químico. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. ediergaviria@hotmail.com

3 Biólogo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Nariño. ivra636@gmail.com

Resumen. El uso de fuentes renovables o el aprovechamiento de subproductos agroindustriales para la generación de nuevos productos es una práctica de tendencia mundial y amigable con el medio ambiente. En este estudio se caracterizó el tipo de polihidroxialcanoatos (PHA) sintetizado por *Ralstonia eutropha*, usando como sustrato glucosa obtenida a partir de almidón de yuca. Para esto se realizó una fermentación tipo batch en un medio mínimo de sales con hidrolizado de almidón de yuca. El polímero obtenido se determinó por Calorimetría diferencial de barrido (DSC) y Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (IR-FT). Se logró determinar que el polímero acumulado por *R. eutropha* es polihidroxibutirato (PHB).

Palabras clave: DSC, infrarrojo, polihidroxibutirato.

Abstract. The use of renewable sources and the use of agro-products to generate new products are a world trend practical and environment-friendly. In this study, the type of polyhydroxyalkanoates (PHA) synthesized by *Ralstonia eutropha*, using substrate glucose obtained from cassava starch was assessed. Thus, it was carried out batch fermentation in a minimum quantity of salts with cassava starch hydrolyzate. The polymer obtained was characterized by differential scanning calorimetry (DSC) spectroscopy and Fourier Transform Infrared (FT-IR). It was possible to determine that the polymer accumulated by *R. eutropha* is polyhydroxybutyrate (PHB).

Key words: DSC, infrared, polyhydroxybutyrate.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la contaminación ambiental por parte de plásticos no biodegradables y el agotamiento de las reservas petroquímicas, lleva a la búsqueda de alternativas para reemplazar los plásticos de origen petroquímico, entre las cuales se destacan los polihidroxialcanoatos (PHA) principalmente el polihidroxibutirato (PHB) y polihidroxivalerato (PHV). Estos biopolímeros son acumulados por microorganismos como reserva de carbono y energía y se ha demostrado que tienen propiedades fisicoquímicas similares a los plásticos convencionales con la ventaja que son biodegradables. Sin embargo, uno de los mayores problemas en la obtención de PHA son los costos de producción, por tal razón diferentes autores buscan el aprovechamiento de fuentes renovables o subproductos de procesos agroindustriales como alternativa para la obtención de estos biopolímeros; entre estas fuentes renovables se encuentra el almidón nativo de yuca. Una de las etapas importantes para la aplicación final del PHA es la caracterización del biopolímero, diferentes técnicas se han planteado a lo largo de las últimas décadas, siendo el análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y espectroscopia de infrarrojo (FT-IR) las más utilizadas. El análisis de DSC determina el punto de fusión y transición vítrea del biopolímero

y FT-IR elucida los grupos funcionales que conforman la molécula (Sunny Modi et al., 2011). De acuerdo a lo anterior, en este estudio se caracterizó el polímero obtenido a partir de la fermentación de almidón de yuca hidrolizado empleando como inóculo *R. eutropha*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fermentación. La fermentación para producción de PHA, se realizó con *R. eutropha* (suministrada por el grupo de biotecnología microbiana de la Universidad de Nariño), en un medio mineral mínimo de sales (MSM) suplementado con glucosa obtenida a partir de la hidrolisis enzimática de almidón nativo de yuca. La unidad experimental se llevó a incubación por 36h a 30°C y 150 rpm.

Extracción de PHA. Para la extracción del PHA el medio fermentado se centrifugó a 4500 rpm durante 15 minutos; al pellet obtenido se le adicionó H_2SO_4 0,1 M y se llevó a baño maría en ebullición durante 1 h. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4500 rpm durante 15 minutos. A continuación se realizaron tres lavados con agua destilada y se neutralizó el pH con NaOH, las muestras se lavaron con 30 mL de agua destilada y se llevaron a secar a 30°C hasta peso constante para determinar la cantidad del PHA obtenido por gravimetría (Patnaik, 2012)

Caracterización térmica del PHA obtenido por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). Para determinar las propiedades térmicas del polímero se aplicó la norma ASTM D 3418 "Método estándar de prueba para temperaturas de transición de polímeros por calorimetría diferencial de barrido" (Ospina, J. y Rondón, A. 2006). Cada una de las muestras se analizó en un equipo de Calorimetría de Barrido Diferencial [TA Instruments, Q20, USA].

Caracterización molecular del PHA obtenido por Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada

de Fourier (IR-FT). Para el análisis de las muestras de PHA por espectroscopia infrarroja se prepararon pastillas transparentes por medio de prensado, las cuales están compuestas por bromuro de potasio (secado a 100 ° C) y PHA altamente macerado. La pastilla se coloca en el compartimiento del equipo (Thermo Fisher Scientific, Nicolet 200. USA) y se procede hacer un barrido en toda la franja de infrarrojo. Finalmente se obtiene el espectro para su posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reacción de hidrólisis enzimática de almidón generó un jarabe de glucosa con un equivalente de dextrosa del 90% el cual se utilizó en la fermentación. Una vez acumulado el PHA y realizado el proceso de extracción, se inicio la caracterización por calorimetría diferencial de barrido (Figura1-a), indicando que la muestra presentó una temperatura de transición vítrea alrededor 146 °C con lo cual se deduce la presencia de un polímero, de igual manera se observó un pico pronunciado a 168 °C, el cual es similar al reportado por otros autores refiriéndose a PHB (González *et al.*, 2013).

El análisis por infrarrojo con transformada de Fourier permitió distinguir los grupos funcionales que conforman la molécula del biopolímero PHB. En este sentido, se obtuvieron bandas a 1726 cm^{-1} , teniendo las características similares del estiramiento del enlace C=O en compuestos orgánico (carbonílicos); además se observó una serie de bandas intensas entre 1000 y 1300 cm^{-1} , producidas por estiramiento del enlace C-O del grupo éster, los cuales conforman los monómeros tipo éster. Así mismo se presentaron unas bandas intensas a 1456 cm^{-1} ; debido a la deformación asimétrica del enlace CH_3 , las otras bandas en el rango de 1000 a 1500 cm^{-1} son ocasionadas por

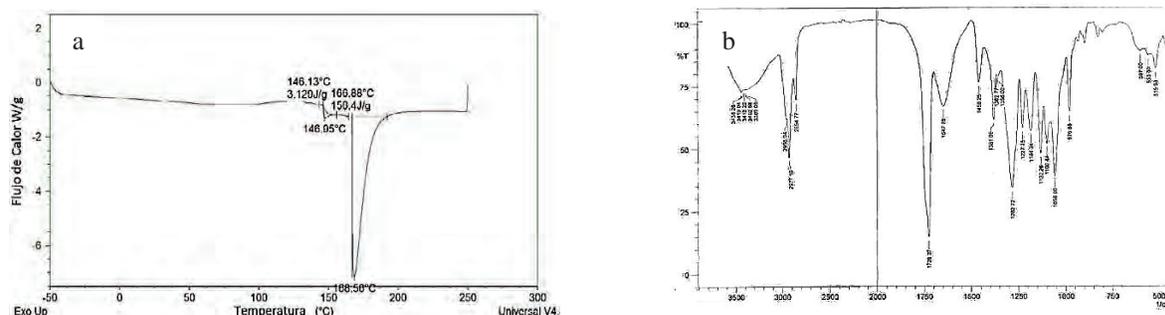


Figura 1. a- Termograma de DSC para las muestras de PHB obtenido, b: Espectrometría de FTIR de la molécula de polihidroxibutirato.

vibraciones o al estiramiento del enlace CH₂, de igual manera, se observó una banda ancha entre 3000 y 3300 cm⁻¹, ocasionada por moléculas de agua (Figura 1-b) (Wellen, 2013).

CONCLUSIONES

El polímero sintetizado por *R. eutropha*, usando como fuente de carbono hidrolizado de almidón de yuca es un tipo PHA, el cual fue caracterizado por calorimetría de barrido diferencial y espectroscopia de infrarrojo, con lo que se puede concluir que es del tipo polihidroxibutirato.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca y a la Corporación Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario - CENIRED por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

González, Y., J. García, C. Meza, O. González, y J. Córdova, 2013. Síntesis y biodegradación de polihidroxialcanoatos: plásticos de origen microbiano. *Revista Internacional Contaminación Ambiental* 29 (1): 77-115.

Liua, Z., Y. Wang, N. He, J. Huang, K. Zhu, W. Shao, H. Wang, W. Yuanb and Q. Li. 2011 Optimization of polyhydroxybutyrate (PHB) production by excessactive tedsludge and microbial community

analysis. *Journal of Hazardous Materials* 185: 8–16.

Ospina Jimenez Javier Antonio y Rondon Arciniegas Andrea Juliana. 2006. Guía metodológica para realizar análisis mediante el calorímetro de barrido diferencial (DSC Q 10), como servicio de extensión a la industria nacional por parte de la escuela de ingeniería química, UIS. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingenierías Físico – químicas. Escuela de Ingeniería química. Universidad Industrial de Santander 135p.

Patnaik, P. 2012. Enhancement of PHB biosynthesis by *ralstoniaeutropha* in fed-batch cultures by neural filtering and control. *Food and Bioproducts Processing* 84: 150–156.

Sunny, M., K. Kurt and V. Yael, 2011. Assessment of PHB with varying hydroxyvalerate content for potential packaging applications. *European Polymer Journal* 47: 179–186.

Wellen. R. 2013. Themelting behaviour of poly (3-hydroxybutyrate) by DSC. Reproducibility study. *Polymer Testing* 32: 215–220.

Evaluación Termogravimétrica de Tres Fases de Borojé (*Borojoa patinoi*. Cuatrecasas) Como Material de Pared Para Microencapsulación

Thermogravimetric Evaluation of Three Phases of Borojo (Borojoa patinoi. Cuatrecasas) as Wall Material For Microencapsulation

Rodríguez-Bernal J. M.¹; Flores-Andrade, E.²; Perea-Flores, M. J.³; Gutiérrez-López, G.⁴ y Quintanilla-Carvajal, M. X.^{5*}.

- 1 Ingeniería de Producción Agroindustrial, Estudiante de Maestría en Diseño y Gestión de Procesos. Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, km 7 vía autopista Norte, Chía, Colombia. jennyrobe@unisabana.edu.co
- 2 Profesor, Facultad de Ciencias Químicas Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México. enriquefa20@gmail.com
- 3 Investigadora, Laboratorio de Microscopía Confocal, Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnología, Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, IPN, Luis Enrique Erro S/N, Zacatenco C. P. 07738, México, D. F. peflo_ma@hotmail.com
- 4 Coordinador Doctorado, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F.
- 5 Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, km 7 vía autopista Norte, Chía, Colombia. maria.quintanilla1@unisabana.edu.co

Resumen. Se obtuvieron tres fases de la pulpa de Borojé (*Borojoa patinoi*. Cuatrecasas) a partir de un proceso de homogenización, centrifugación y posteriormente liofilización. El objetivo de este trabajo fue evaluar tres fases de Borojé por termogravimetría (TGA) para determinar su posible uso como material de pared en la encapsulación de productos sensibles a altas temperaturas. Mediante TGA

se observó que la composición de la fase media (FM) tipo gel presenta ciertas características de estabilidad térmica y altas temperaturas de descomposición, las cuáles se asocian a pérdidas significativas de peso a temperaturas más altas que en la fase líquida (FL) y en la fase sólida (FS), y una temperatura de degradación cercana a los 125 °C. En conclusión, se pudo evaluar el comportamiento de un posible

material de pared para microencapsulación en relación al comportamiento de descomposición y su relación con la temperatura de degradación (Td).

Palabras clave: Borojío, materiales de pared, microencapsulación, termogravimetría, temperatura de descomposición.

Abstract. Three borojo (*Borojoa patinoi*. Cuatrecasas) phases were obtained from a homogenization, centrifugation and subsequent freeze-drying process. The aim of this study was to evaluate three borojo phases by thermogravimetry (TGA) to determine its possible use as wall material in the encapsulation of sensitive products at high temperatures. The results of TGA permitted to identify that the middle phase (MP) gel type presents certain characteristics of thermal stability and decomposition temperatures, which were associated with significant weight loss at higher temperatures than liquid phase (FL) and solid phase (FS), and a degradation temperature of about 125 °C. In conclusion, it was possible to evaluate the behavior of a possible wall material for microencapsulation in relation to its composition and degradation temperature (Td).

Keywords: Borojío, wall materials, microencapsulation, thermogravimetry, degradation temperature

INTRODUCCIÓN

El estado físico y las propiedades físico-químicas de los materiales alimenticios afectan su comportamiento durante el procesamiento, almacenamiento, distribución y consumo. Por esta razón, es de gran importancia hacer estudios a nivel macro y microestructural que permitan identificar la relación estructura-funcionalidad de las diferentes matrices alimentarias (Flores-Andrade *et al.*, 2009). El fruto de Borojío (*Borojoa patinoi*. Cuatrecasas) presenta características potenciales para el desarrollo de productos funcionales, se destaca por sus propiedades alimenticias (Camelo *et al.*, 2012), excelentes condiciones de adaptación (Mosquera *et al.*, 2011) y su potencial económico (Moreno *et al.*, 2006), constituyéndose en un importante insumo para la industria alimentaria. A partir de la pulpa de este fruto se separan por centrifugación tres fases características: una fase líquida (FL), una fase tipo gel con alto contenido de agua que se considera como media (FM) y por último una fracción tipo sólido (FS).

Es de resaltar que las mediciones termogravimétricas (TGA) consisten en determinar la variación de peso de una muestra respecto a la temperatura bajo una rampa de calentamiento, o respecto al tiempo para procesos isotérmicos. Con la variación de peso se puede determinar el comportamiento de degradación de los componentes de la muestra (Barrera

et al., 2007), para establecer condiciones de estabilidad y procesamiento a nivel industrial identificando el comportamiento de las fases. El material de pared define el grado de protección que tiene el encapsulado; la selección de estos materiales se ha enfocado en procedimientos de ensayo y error, lo que implica mayores costos y tiempo. Para poder garantizar un buen material de pared para microencapsulación es de gran importancia conocer la estabilidad del producto y sus condiciones termodinámicas (Pérez *et al.*, 2006). Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue caracterizar tres fases de borojío por termogravimetría (TGA) para determinar su potencialidad como posible material de pared en la encapsulación.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó pulpa de Borojío y agua en una relación 1:3 para la separación de fases (FL, FM y FS) del fruto utilizando agitación magnética (1200 rpm) a 40 °C por 40 min. Posteriormente se utilizó un homogenizador (*Ultra Turrax IKA T50 Basic*) por 2 min a 20500 rpm y finalmente se centrifugó durante 20 min a 9000 rpm a 4°C en una centrifuga (*Hettich Universal 32R*). Para el análisis termogravimétrico se colocaron entre 15 y 17 mg de cada muestra en crisoles de Aluminio (Mettler Toledo) sin tapa en un TGA/DSC (1 Stare System Mettler Toledo). Se trabajó con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min en un intervalo de temperatura desde 22 hasta 200 °C. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software STAR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis TGA se realizó para evaluar el cambio de peso de las fases de Borojío en función de la temperatura para proporcionar una buena descripción del mecanismo de interacción entre el agua y el alimento para estimar puntos de transición en el material (Beristain *et al.*, 1996). En la Figura 1A, se muestran las curvas de pérdida de peso para FL, FM y FS de la pulpa de Borojío de 22 a 200 °C. La pérdida de peso varió para los diferentes intervalos de temperatura y muestra; en la primera zona (por debajo de 160 °C), dicha pérdida se atribuyó a la evaporación del agua y los compuestos volátiles, para este caso muestras con mayor porcentaje de humedad inicial (94,68 % ± 0,06 para FL y 89,09 ± 0,11% para FM) presentaron pérdidas hasta de 91,28 % y 87,72 % respectivamente, en comparación con FS (humedad inicial de 79,25 ± 0,77%) que perdió el 65,54 % de agua. Dicha zona de estudio se conoce como de deshidratación (Valdés *et al.*, 2013) por las temperaturas que abarca y se divide en dos, donde la primera parte (de

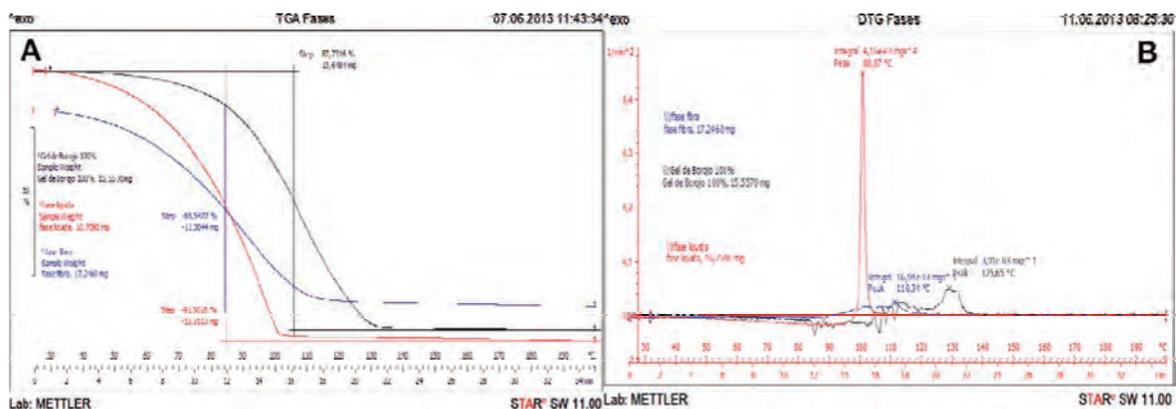


Figura 1. Caracterización termogravimétrica de tres extractos de Borojó (Fase Líquida – Fase Media – Fase Sólida). A) Curvas de TGA. B) Curvas de DTG.

50 – 70 °C) está relacionada generalmente por la pérdida de agua libre, y la segunda parte (100 – 180 °C) por el agua ligada débilmente a la estructura. Al analizar la zona de descomposición de las curvas se pudo apreciar que la descomposición de FL y FS se da primero que la descomposición de FM, presentando menor estabilidad térmica FL, seguida de FS. Después de la descomposición ninguna de las tres fases presentó pérdida de peso.

La temperatura que corresponde a la tasa más alta de la pérdida de peso en el termograma de la derivada de termogravimetría (DTG), se toma generalmente como la temperatura de degradación (Td) del componente (Neo *et al.*, 2013). La interpretación de la curva de DTG (Figura 1B) para FL presenta una Td de 88,07 °C, para FM de 125,65 °C y para FS de 110,34 °C; corroborando así, la descomposición de los materiales que se observaron en la curva de TGA en donde FM se caracterizó como la fase con la mayor Td, superando a FL y FS. El borjón, a nivel estructural, tiene una gran cantidad de carbohidratos de alto peso molecular (26,2 g/ 100 g de borjón) y una pequeña fracción de proteína (0,69 g/100 g de borjón) (Mosquera, *et al.*, 2010). De esta forma, se puede inferir que FM la conforman diversos componentes, como lignina y pectina, que favorecen la estabilidad del material y que podría coincidir con la presencia sinérgica de proteína y/o carbohidratos de alto peso molecular que favorecen el comportamiento de acuerdo a una Td más alta en comparación a las otras dos fases (FL y FS).

CONCLUSIONES

El análisis termogravimétrico permitió determinar que FM presenta características de mayor estabilidad térmica respecto a las otras fases de la muestra. Por lo que se puede concluir que el Borjón es un producto con altas

potencialidades para ser utilizado como material de pared en procesos de temperaturas medias. Esto es importante, ya que un producto microencapsulado exige pleno reconocimiento de las propiedades del material de pared con el que se va a encapsular, por lo que los avances en la ciencia de materiales en las últimas décadas siguen siendo de vital importancia para relacionar su estructura con las propiedades (denominadas relaciones estructura-propiedad-funcionalidad) de dichos compuestos.

BIBLIORAFÍA

- Barrera, J.E., J.A. Rodríguez., J.E. Perilla y N.A. Algecira. «Estudio de la degradación térmica de poli (alcohol vinílico) mediante termogravimetría y termogravimetría diferencial. » *Ingeniería e Investigación*, 27, no. 2 (2007): 100-105.
- Beristáin, C.I., H.S. García., and E. Azuara. «Enthalpy-Entropy Compensation in Food Vapor Adsorption.» *Journal of Food Engineering* 30 (1996): 405-415.
- Carmelo G.A y L.I. Sotelo. «Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida Borjoja patinoi Cuatrecasas.» *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 11 (2012): 196-205.
- Flores-Andrade E., C.I. Beristáin., E.J. Vernon-Carter., G.F. Gutiérrez y E. Azuara. (2009). Enthalpy-Entropy Compensation and Water Transfer Mechanism in Osmotically Dehydrated Agar Gel. *Drying Technology* 27: 999-1009.
- Moreno J.A., C.Cuesta y S. Córdoba. 2006. «El desarrollo de la floricultura en el departamento del Choco.» En: *Asociación Hortifrutícola de Colombia*. <http://www.asohofrucol.com.co/>; consultado: 22 de Octubre

- de 2012.
- Mosquera, L. H., G. Moraga., P.F. Córdoba and N. Martínez-Navarrete. 2011. «Water Content -Water Activity- Glass Transition Temperature Relationships of Spray-Dried Borojó as Related to Changes in Color and Mechanical Properties. » *Food Biophysics* 6, no. 3: 397-406.
- Mosquera, L. H., G. Moraga, y N. Martínez-Navarrete. 2010. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojó (Borojoa patinoi Cuatrec.) powder. *Journal of Food Engineering* 97, no.1: 72-78.
- Neo, Y. P., S. Ray., J. Jin., M. Gizdavic-Nikolaidis., M. K. Nieuwoudt., D. Liu and S. Y. Quek. 2013. «Encapsulation of food grade antioxidant in natural biopolymer by electrospinning technique: a physicochemical study based on zein-gallic acid system. » *Food chemistry*, 136, no. 2:1013-1021.
- Pérez-Alonso, C., C.I. Beristain., C. Lobato-Calleros., M. E. Rodríguez-Huezo y E. J. Vernon-Carter. «Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. » *Journal of Food Engineering* 77 (2006): 753-760.
- Valdés F., L. Catalá., M. R. Hernández., J. C. García-Quesada y A. Marcilla. 2013. «Thermogravimetry and Py-GC/MS techniques as fast qualitative methods for comparing the biochemical composition of *Nannochloropsis oculata* samples obtained under different culture conditions. » *Bioresource Technology* 131: 86-93.

Pectin Methyl Esterase Activity Evaluation and its Effect on Papaya Firmness (*Carica papaya L.*)

Evaluación de la actividad de la pectin metil esterasa y su efecto en la firmeza de papaya (*Carica papaya L.*)

Néstor Sanchez¹; GabrielaCaezRamírez*²

¹ Agroindustrial Production Engineering and Chemical Engineering, Universidad de La Sabana – Facultad de Ingeniería – Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca.

² Professor, Universidad de La Sabana – Facultad de Ingeniería – Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca. Gabriela.caez@unisabana.edu.co

Abstract. The research purpose is to determine the pectin methyl esterase activity in papaya (*Carica papaya L.*) firmness, evaluated in three different ripening stages corresponding to edible fruits (4, 5, 6). Firmness was evaluated using a texture analyser TA-XT. Total soluble solids (TSS), total titratable acidity (ATT) and ratio (TSS/ATT) were simultaneously analysed. Pectin methyl esterase activity was assessed using a spectrophotometric method to quantify hydrogen ions which are released during the reaction. The results were fitted to a Michaelis Menten kinetic, in order to estimate the maximum value rate of activity (V_{max}) and the Michaelis constant (K_m). The results suggest that there is a significant difference ($P < 0.05$) in firmness. At the same time TSS is increasing and TTA is decreasing during stages 4, 5 and 6 of ripening. It was further demonstrated that there is a linear relationship ($R^2 = 0.9622$) between firmness and K_m , suggesting that an increased in enzyme affinity for the substrate, a major loss of strength is observed, due to the loss of the structure of the plant tissue.

Key words: Ripening, enzymatic activity, Michaelis Menten constant, softening, papaya.

Resumen. El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la actividad de la Pectin Metil Esterasa sobre atributos de firmeza en papaya (*Carica papaya L.*) evaluado en tres estados de maduración diferente. Los estados de madurez fueron seleccionados de manera aleatoria y clasificados de acuerdo a la NTC 1270. La firmeza fue evaluada, utilizando un analizador de textura TA-XT2®. El tamaño de las muestras para este experimento fue de 2 cm por lado. La actividad enzimática de la Pectin Metil Esterasa, fue evaluada mediante un método espectrofotométrico, para determinar la liberación de los grupos $[H^+]$ de la reacción. Los resultados se ajustaron a una cinética de Michaelis Menten, con el fin de determinar la velocidad máxima de actividad (V_{max}) y la constante de Michaelis (K_m). Los experimentos fueron realizados por triplicado. Los resultados obtenidos sugieren que existe una diferencia significativa ($P < 0,05$) de la firmeza durante los estados 4, 5 y 6 de maduración del fruto. Además se demostró que existe una relación lineal ($R^2 = 0,9622$) entre la firmeza y k_m , sugiriendo que a una mayor afinidad de la enzima por el sustrato, se observa una mayor pérdida de firmeza, debido a la pérdida de estructura del tejido vegetal.

Palabras clave: Maduración, actividad enzimática, constante de Michaelis.

INTRODUCTION

Fruit softening is associated basically with carbohydrates rise, acidity decrease, respiration rate variation and principally in enzymatic reaction changes. Those changes are reflected in scents, flavours, firmness and colour variations in the fruit. (Basulto *et al.*, 2009) Papaya is a climacteric fruit, which acidity depends on citric acid and simple sugar content (Sivakumar y Wall, 2013). The edible tissue is formed by embedding cells and ordered by pectin whose role defines cell wall porosity, which is related to the tissue hardness.

Its softening during ripening depends on hydrolytic enzymes that can act by three ways: removing methyl groups from pectin to make it less ramificated, as pectin methyl esterase (PME); cutting the polymers in basic units called galacturonic acid, as polygalacturonase, and breaking cell walls in simple components, slower than pectin breakage. PME plays a relevant role in softening due its action mechanism. The methyl groups release allows higher solubility of pectin, creating a cellular disorder, and less compact tissue, and decreasing firmness and viscosity (Buggenhout *et al.*, 2009). Enzymatic activity generates noticeable changes which are reflected in fruit quality, but it has been mainly studied for Polygalacturonase in papaya. The research purpose is to find a possible relationship between PME activity and firmness at three ripening conditions in Colombian papaya fruits.

MATERIALS AND METHODS

Fruit material was acquired in the local market and it was processed, cut up and kept at 5°C until measurements. It was classified according to NTC 1270 taking into account that it could be considered as an edible fruit quality over stage 3. Total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TTA) were measured according AOAC 932.12/90 and AOAC 942.15 respectively. Firmness was measured using a texture Analyzer TA-XT2®, with cubic pieces of 2 cm by side, using the test hold until time test (Pre-test speed: 1 mm/s, test speed: 10 mm/s, post-test speed: 5 mm/s, time: 120 s, trigger force: 5gF, distance: 3 mm) and a P25 aluminium probe.

Papaya pieces of each ripening stage were immersed in phosphate buffer (pH 7.0) solution (1:1 w/v) with continued stirring during 4 hours to obtain the crude extract. A spectrophotometer UV-VIS (Cary 100) was used to determine the PME activity (Gonzales, *et al.*, 2011).

Three different solutions of citric pectin were prepared (1%, 2% and 3%) adding NaCl 2.0M and phosphate buffer pH 7.0. A mixture contained 3 ml of citric pectin solution, 150 µl of bromophenol blue (0.1% w/v) and 50 µl of enzymatic extract, were used to determine PME activity. Absorbance was measured a 420 nm and a galacturonic acid calibration curve was used ($R^2=0.9802$) to determine PME activity and Michaelis Menten parameters. Images were captured with a phase contrast microscopy Nikon Eclipse at 10X. All experimental evaluation was performed by triplicated. The project was sponsored by the University of La Sabana, code ING-2010-117

RESULTS AND DISCUSSION

Total soluble solids and TSS, total titratable acidity have significant changes during ripening as shown in Table 1. Enzymes such β- Galactoxidase, polygalacturonase (PG) and PME set free some compounds like sugars and polyuronids, increasing TSS during ripening, which is considered as a good quality index. On the other hand, increase of acidity in a middle stage is due of enzymes liberating H⁺ ion. Final stages of ripening showed a reduced acidity due to many organic acids are used in biochemical reaction as substrate (Castro, *et al.*, 2011).

Table 1 TSS, ATT and kinetic parameter changes by ripening stage. (Duncan Test ($\alpha=0.05$))

Maturity Stage	TSS (°Brix)	ATT (%Citric acid)	TSS/ATT	Km (g/l)	Vmax U/mg.
4	8.93±0.12a	1.16±0.18a	7.83±1.45a	2.21±0.14a	2.19e-4±5.5e-6a
5	9.07±0.12a	1.63±0.20b	5.57±0.74a	1.16 ± 0.08b	2.44e-4±4.5 e-6b
6	11.58±0.38b	0.97±0.21a	12.40±2.74b	0.65 ± 0.04c	2.03e-4±52.5 e-6c

Figure 1 shows that firmness drops during the ripening advance (Duncan test ($\alpha=0.05$), due to edible tissue lost its structure due PME and PG action (Buggenhout *et al.*, 2009). Both of them act together, hydrolysing the cell wall, causing the fruit softening (Toivonen y Brummel, 2008). PME activity follows a Michaelis model as was expected (Edwards, Kakubayashi, Dysktra, Pascal, y Williams, 2010). In another study on a commercial papain extract were obtained values of Km (Michaelis constant) for PME of 0.11 mg/ml at pH 7 and 0.2 M NaCl, with a Vmax of 969

U/mg (Vasu, *et al.*, 2012), lower than papaya tissue analysed. Nonetheless, Km for papaya fruit could be obtained around the values of 1.0 g/l of substrate (Sila *et al.*, 2007). Figure

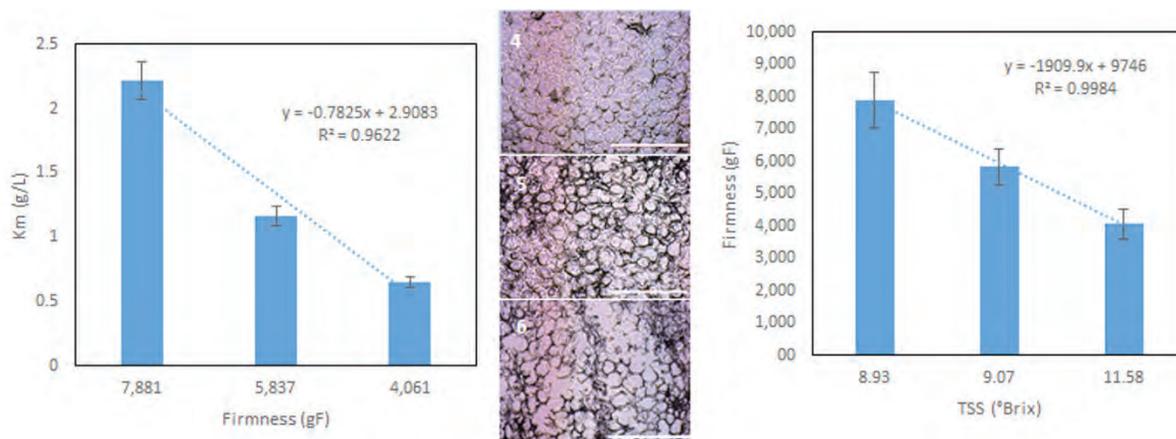


Figure 1. Firmness, TSS and Km changes by ripening stage. At the center, Size and morphology of tissue cell show structural damage due to enzyme activity depending on ripening stage (4, 5, 5). 10X. **A,**(Left) Firmness Vs Km, **B,** (Right) Total Soluble Solids vs. Firmness.

1 also shows a linear relation between Michaelis constant and papaya firmness suggesting that PME affinity by pectin is increasing. It induces the fruit softening, due to structural breakage, which was confirmed by microscopic observation. Also, there enzymatic activity is significant ($\alpha=0.05$) during papaya ripening process.

CONCLUSIONS

The study shows that there is a linear relationship between PME activity and firmness. The relation according to Michaelis constant suggests that an increase in enzyme affinity for stage four causes a fruit softening due to pectin disruption of the edible tissue and non-regular cell organization. This study could be useful to establish a new methodology to assess firmness papaya quality.

BIBLIOGRAPY

Basulto, F. S., E. S. Duch, F. E. Gil, R. D. Plaza, A.L. Saavedra and J.M. Santamaría. 2009. Postharvest Ripening and Maturity Indices from Maradol Papaya. *Interciencia*, 34(8): 583-588.

Buggenhout, S.V., D.N. Sila, T. Duvetter, A.V. Loey and M. Hendrickx. 2009. Pectins in Processed Fruits and

Vegetables: Part III - Texture Engineering. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 8:105-117.

Castro, A.A., J.D.R. Pimentel, D.S. Souza, T.V.D. Oliveira and M.D.C. Oliveira. 2011. Estudio de la conservación (Carica Papaya L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 49-60.

Edwards, P.J.B., M. Kakubayashi, R. Dysktra, S.M. Pascal and M.A.K. Williams. 2010. Rheo-NMR Studies of an Enzymatic Reaction: Evidence of a Shear-Stable Macromolecular System. *Biophysical Journal*:1986-1994.

Gonzales S.L., R.C.A. Lima, E.B.B. Carneiro, M.M.D Almeida and N.D. Rosso. 2011. Pectin methylesterase activity determined by different methods and thermal inactivation of exogenous PME in mango Juice. *Ciencia e Agrotecnologia*. 35 (5): 987-994.

Sila, D.N., C. Smout, Y. Satara, V. Truong, A.V. Loey and M. Hendrix. 2007. Combined thermal and high pressure effect on carrot pectin methylesterase stability and catalytic activity. *Journal of Food Engineering*, 78(3): 755-764.

Ácidos Grasos Contenidos en el aceite extraído de semillas de Tomate de Arbol (*Solanum betaceum*).

Fatty Acid Contents in the Oil Extracted from Seeds of Tomato of Tree (*Solanum betaceum*).

Andrés Felipe Cerón¹¹; Oswaldo Osorio M¹

1 Facultad Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

* Corresponding autor: Osorio_oswaldo@udenar.edu.co

Resumen. En este estudio se determinó el rendimiento y la composición de ácidos grasos presentes en el aceite obtenido a partir de semillas de tomate de árbol variedad roja (*Solanum betaceum*). La extracción se hizo con solventes en un extractor Soxhlet utilizando éter etílico al 99,8% y punto de ebullición 40 - 60 °C. Para identificar los ácidos grasos se empleó cromatografía de gases con detector FID (GC-FID). El rendimiento en aceite fue 24,82%. Los ácidos grasos encontrados en las semillas fueron: palmítico 14,34%; esteárico 5,18%; oleico 13,46%; linoleico 6,2% y linolénico 2,4%. Se determinó que el 19,52% de los ácidos grasos son saturados y el 80,48 % en su mayoría son insaturados y podrían ser de gran interés en la industria.

Palabras clave: Rendimiento, cromatografía de gases, composición.

Abstract. In this study the yield and composition of acids fatty present in the oil obtained starting from seeds of red tree tomato variety (*Solanum betaceum*) were determined. The extraction was made with solvents in extractor Soxhlet using ethylic ether to 99.8% and point of boil 40 - 60 °C. Gas Chromatography with detecting FID (GC-FID) was used to identify the fatty acids. Oil yield in was 24.828%. The fatty acids found in the seeds were: palmític 14.34%; esteáric 5.18%; oleic 13.46%; linoleic 6.2% and linolenic 2.4%. It was determined that 19.52 % of the fatty acids are saturated and 80.48% are mostly unsaturated and may be of great interest in the different industry.

Key words: Yield, Gas Chromatography, composition

INTRODUCCIÓN

Según Márquez *et al.*, (2007) el tomate de árbol, es un fruto tropical, muy apetecido en el mercado por su valor nutricional, tienen gran demanda en la agroindustria (Moreno *et al.*, 2003), razón por la cual se genera alta cantidad de semillas las cuales representan el 24% del total del fruto (Belen *et al.*, 2004), las estrategias de

aprovechamiento de estos residuos se concentran en la elaboración de abonos orgánicos, actividad que limita generar mayor valor (Cerón *et al.*, 2012). Dentro de este contexto se determinó el rendimiento y los ácidos grasos contenidos en el aceite extraído de semillas de tomate de árbol variedad roja (*Solanum betaceum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizó semillas de tomate de árbol variedad roja (*Solanum betaceum*), las cuales se secaron en un secador de bandejas a temperatura de 60°C con velocidad de aire 5 m/s, durante 8 horas. Posteriormente se molieron en un molino (HSIAO LIN MACHINE 61060) y se tamizaron en tamizadora (PS-35 serie 1182), con tamices (10-30, ASTM) por 5 minutos.

Análisis proximal semillas. Se utilizó la metodología descrita por Bernal (1998), para determinar: materia seca, proteína cruda, ceniza, fibra cruda y aceite, este último se extrajo bajo las siguientes condiciones: diámetro de partícula 0,594 mm < Dp < 0,840mm, método de extracción Soxhlet, solvente éter etílico al 99,8%, reflujo 8 horas, recuperación del solvente por destilación en un evaporador rotatorio (EYELA OIL BATH OSB-2000).

Identificación ácidos grasos. La muestra se preparó utilizando la técnica de trans-esterificación catalizada con ácido. El análisis de los ácidos grasos se realizó empleando un cromatógrafo de gases SHIMADZU GC-17.A, con columna Supelcowax 10 (30m x 0,25mm ID 0,25µm) y detector FID a temperatura de 280°C, modo inyección: Split, relación 20:1, a flujo de 1,0 mL/min, temperatura inyector 250 °C, temperaturas programadas Columna: 40°C hasta 130°C a razón de 15°C/min, posteriormente se incrementó a 240°C (10 min) a razón de 30°C/min, al final se llevó a temperatura de 250°C aumentando 10°C/min. Se utilizaron patrones de Metil Esteres de ácidos grasos para la comparación respectiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1, se muestra la composición proximal, el rendimiento en aceite, supera al reportado por (Belen *et al.*, 2004), en un 7,728% y obtenidos en otras semillas: lulo 8,5%, mora 12,2%, maracuyá 21,2% (Cerón *et al.*, 2012).

Tabla 1. Análisis proximal semilla (g/100g).

Componente	Semilla*
%Materia seca	93,126 ± 2,116

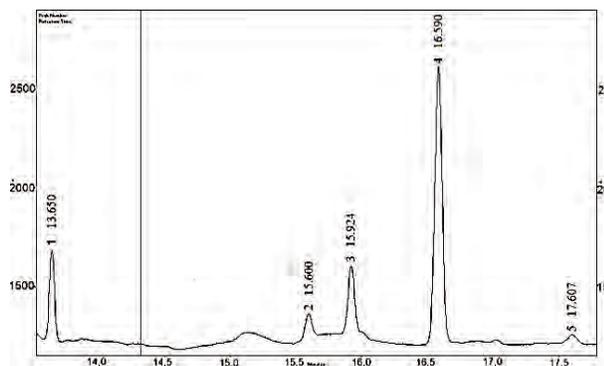


Figura 1. Cromatograma aceite.

1 Palmitico, 2 Estearico, 3 Oleico, 4 Linoleico, 5 Linolenico.

%Proteína cruda	12,547 ± 1,302
%Fibra cruda	17,869 ± 2,034
%Ceniza	4,345 ± 0,424
%Aceite	24,828 ± 1,615

*Valores promedio (n=5) ± desviación estándar

El cromatograma (Figura 1), muestra 5 señales, correspondientes a estándares de metil ésteres de ácidos grasos (tabla 2).

El 19,52% de los ácidos grasos son saturados y el 80,48% son insaturados, estos resultados difieren de los encontrados por (Belen *et al.*, 2004). El ácido graso mayoritario fue linoleico 64,2%. Según Ronayne de Ferrer (2000), Sanhueza et al (2002) y Tapia (2005), es esencial para el ser humano, su carencia o desbalance en la ingesta produce serias alteraciones metabólicas. Benaiges (2008) menciona que los ácidos: oleico, linoleico y linolénico son compuestos emolientes que se emplean habitualmente en cosmética y dermofarmacia. El ácido oleico se emplea en mezcla con aceites minerales, el palmitico como factor de consistencia o acidificación en emulsiones (Martini, 2005),

el linoleico participa en la síntesis de prostaglandinas y en generación celular; según Ziller (1994) los ácidos (linolenico y linoleico) son esenciales para el crecimiento y el buen estado de piel y pelo. Lo anterior permite recomendar el aceite como base de formulación para la industria cosmética.

Tabla 2. Ácidos grasos contenidos en aceite.

T.R. (min)	Ácido graso	*C.R %
13,650	Palmitico	14,34 ± 0,23
15,600	Estearico	5,18 ± 0,12
15,924	Oleico	13,46 ± 0,18
16,590	Linoleico	64,20 ± 1,38
17,607	Linolénico	2,40 ± 0,16

*Valores promedios (n=3) ± desviación estándar
T.R: Tiempo retención; C.R: Cantidad relativa

CONCLUSIONES.

El rendimiento en aceite fue 24,82%, del cual el 19,52% de los ácidos grasos son saturados y el 80,48% son insaturados.

BIBLIOGRAFIA

- Belen, D., S. Euris, D. García, M. Moreno and O. Linares. 2004. Características fisicoquímicas y composición en ácidos grasos del aceite extraído de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) variedades roja y amarilla. *Grasa y Aceites* 55 (4):428-433.
- Benaiges, A. 2008. Aceite de rosa mosqueta: composición y aplicaciones dermocosméticas. *Offarm* 27 (6): 94-97.
- Bernal De R. I. 1998. Análisis de alimentos. Tercera edición. Guadalupe, Bogotá. 48p.
- Cerón, A., O. Osorio y A. Hurtado. 2012. Identificación de ácidos grasos contenidos en los aceites extraídos a partir de tres diferentes semillas de frutas. *Acta Agronómica* 61 (2):126-132.
- Márquez, C., C. Otero y M. Cortés. 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha 14 (2):9-16.
- Martini, M. 2005. Introducción a la dermofarmacia y a la cosmetología. Acribia S.A, Zaragoza, España. 300 p.
- Moreno, A., N. Girán, K. Serrano, D. García y C. Belén. 2003. Evaluación microbiológica y fisicoquímica de néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Sendt). *Archivo Latinoamericano de Nutrición* 53: 282-286.
- Ocampo, D., L. Betancur, A. Ortiz, R. Ocampo. 2007. Estudio cromatográfico comparativo de los ácidos grasos presentes en semilla de (*Annonache-rimolioidesy Annonamuricata* L.). *Vector* 2:103-112.
- Ronayne De Ferrer, P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Archivo argentinos de pediatría* 98(4): 231- 238.
- Sanhueza, C., K. Nieto y B. Valenzuela. 2002. Ácido linoleico

Evaluación de la Retención de Biopolímeros sobre Superficie de Uvas en Aplicaciones por Pulverización

Evaluation of Biopolymer Retention on Grapes Surface for Spray Applications

Anna Marín¹; Lorena Atarés¹; Amparo Chiralt¹; Maite Cháfer¹

¹ Departamento de Tecnología de Alimentos – Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n 46022 Valencia, España. anmargo6@upvnet.upv.es

Resumen. Se obtuvieron dispersiones formadoras de recubrimiento (DFR) a base de cuatro biopolímeros combinados con tres tensoactivos, y se estudió su adherencia a través de la masa retenida sobre la superficie de uva. Las DFR se aplicaron por pulverización, y se determinó la masa retenida (de DFR y de sólidos adheridos) referida por unidad de masa de material vegetal. La incorporación de los tensoactivos no implicó una mejor adhesión de los recubrimientos sobre el material vegetal para las DFR de almidón (A) y caseinato sódico (C), aunque se observó un efecto significativo en las DFR de hidroxipropilmetilcelulosa (H) y quitosano (Q). Estas últimas proporcionaron los valores más altos de masa retenida de DFR, para el Q con Span 80 y para el H sin tensoactivo y con Tween 85. La viscosidad de las DFR no tuvo un efecto notable en la DFR retenida.

Palabras clave: Películas comestibles, adherencia, comportamiento reológico

Abstract. Film forming dispersions (FFD) of different biopolymers combined with three surfactants were obtained and their extensibility was studied. FFD were sprayed on grapes and the retained mass was determined per unit mass of plant material. Surfactants incorporation did not improve coating adhesion for starch and sodium caseinate FFD on the plant material. However, a significant effect was observed for hydroxypropylmethylcellulose and chitosan. The highest adhesion was achieved with chitosan with Span 80 and hydroxypropylmethylcellulose with Tween 85 and without surfactant. Viscosity did not have a noticeable effect in FFD retention.

Key words: Edible coatings, adherence, rheological behavior

INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos comestibles se obtienen con formulaciones acuosas de biopolímeros aplicadas en los alimentos de manera que se forma una fina película en su superficie o entre diferentes capas de componentes. Existen numerosos biopolímeros que pueden utilizarse para la obtención de recubrimientos comestibles por su capacidad para formar películas

y por sus características fisicoquímicas, como el quitosano (Q), la hidroxipropilmetilcelulosa (H), el almidón de maíz (A) y algunas proteínas como el caseinato sódico (C) (Mali y Grossmann, 2003; Rodríguez et al., 2006; Chen, 1995). Con el fin de mejorar las propiedades de las películas se pueden incorporar tensoactivos, los cuales modifican la tensión superficial de las dispersiones, mejorando la adhesión y humectabilidad de la superficie de los productos por los recubrimientos (Krochta, 2002). En la actualidad, los recubrimientos comestibles se utilizan en distintos alimentos, entre ellos las frutas. El objetivo del trabajo fue estudiar la influencia del tipo de polímero (Q, H, A y C) y tensoactivo, así como de la viscosidad, en la extensibilidad sobre uva de distintas DFR.

MATERIALES Y MÉTODOS

A fue adquirido en Roquette Laisa España, S.A. (Valencia, España) y el resto de polímeros y los tensoactivos (ácido oleico, O; Span 80, S y Tween 85, T) en Sigma-Aldrich (Madrid, España). El glicerol y el ácido acético glacial fueron suministrados por Panreac Química S.L.U. (Barcelona, España). Las concentraciones de biopolímeros y las proporciones polímero:glicerol y polímero:tensoactivo se seleccionaron en base a estudios previos. Q se dispersó al 0,5% (p/p), H y el A al 2% (p/p) y C al 5% (p/p), según Vargas et al., (2009), Sánchez-González et al., (2009), Jiménez et al., (2012) y Fabra et al. (2011) respectivamente. Se pulverizaron racimos de uva con las formulaciones para estimar la DFR adherida por diferencia de masa, respecto a la masa inicial. Para el cálculo de los sólidos adheridos se tuvo en cuenta la fracción másica de sólidos solubles de cada DFR y su masa adherida. Se realizaron cuatro repeticiones.

Se obtuvieron curvas de flujo hasta 800 s⁻¹ usando un reómetro rotatorio (HAAKE Rheostress 1, Thermo Electric

Tabla 1. Valores de DFR y sólidos adheridos y viscosidades aparentes a 25 s⁻¹. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis.

	DFR (mg/g uva)	η_{ap} (25 s ⁻¹) (mPa·s)	Sólidos (mg/g uva)		DFR (mg/g uva)	η_{ap} (25 s ⁻¹) (mPa s)	Sólidos (mg/g uva)
Q	9 (3)a	72,9 (1,3)ab	0,043 (0.017)a	A	8 (2)a	6,09 (0.04)a	0,19 (0.04)a
QO	9 (4)a	50 (4)ab	0,05 (0.02)a	AO	5 (2)a	47,7 (0.3)b	0,14 (0.06)a
QS	15 (4)b	101 (50)b	0,075 (0.018)b	AS	7 (3)a	219 (24)c	0,18 (0.08)a
QT	11 (3)ab	23,84 (0.04)a	0,056 (0.013)ab	AT	7 (2)a	45,8 (0.4)b	0,20 (0.05)a
H	12.68 (1.09)b	3,847 (0.007)a	0,25 (0.04)bc	C	6.5 (0.2)a	3,53 (0.02)a	0,424 (0.015)ab
HO	9 (2)a	3,98 (0.04)b	0,20 (0.05)ab	CO	9 (2)a	3,57 (0.14)a	0,595 (0.109)ab
HS	7.7 (1.4)a	3,97 (0.05)b	0,17 (0.03)a	CS	7 (3)a	3,8 (0.4)a	0,46(0.20)b
HT	12 (3)b	3,93 (0.003)ab	0,27 (0.06)c	CT	8 (3)a	3,6 (0.3)a	0,53 (0.23)a

Diferentes superíndices (a, b, c) indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Corporation, Karlsruhe, Germany) con un sensor de cilindros concéntricos (Z34DIN Ti), según Vargas et al., (2009). Cada DFR se analizó por duplicado a 25°C. Las viscosidades aparentes se calcularon a 25 s⁻¹. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando Statgraphics Centurion XVI versión 16.1.17 (Manugistics Corp., Rockville, Md.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra la masa de cada DFR y los sólidos solubles adheridos así como la viscosidad aparente a 25 s⁻¹. La cantidad de DFR adherida a la superficie de los granos de uva no mostró grandes diferencias entre tratamientos. No obstante, un ANOVA multifactorial mostró influencia significativa del tipo de polímero y de la interacción polímero–tensoactivo. La incorporación de tensoactivos a las DFR de C y A no afectó significativamente la cantidad de DFR retenida, pero sí fue significativa para Q y H. El S promovió la adherencia en la DFR de Q mientras que el S y el O disminuyeron la de H. En general las DFR de A y C mostraron menores valores de DFR retenida, mientras que las de H sin tensoactivo y con T y Q con S80 presentaron valores significativamente mayores.

La cantidad de DFR retenida en la superficie de los granos y su concentración en sólidos determinan el grosor de la película formada en la superficie de los granos. Las DFR de C proporcionaron la mayor cantidad de sólidos adheridos, y por tanto, los recubrimientos con un mayor grosor debido a su mayor concentración en la DFR. Los recubrimientos de H y A tuvieron valores similares de sólidos, mientras que los de Q presentaron los menores valores debido a su alta viscosidad, lo que obliga a una concentración muy baja en

las DFR para hacer factible su pulverización.

La viscosidad de las DFR a bajos gradientes de velocidad puede afectar a la velocidad de drenaje gravitacional de la DFR después de su aplicación por pulverización y a la mayor retención de DFR, y por tanto de sólidos, sobre la superficie del producto. No obstante, los valores de viscosidad obtenidos a 25 s⁻¹ no tuvieron una correlación con la cantidad de DFR retenida. En concreto las DFR con viscosidad más elevada (muestras con Q y A con tensoactivos) no presentaron valores notablemente más altos de retención de la DFR. Por consiguiente, aunque puede tener un efecto, este no es relevante para llegar a compensar la cantidad de sólidos adheridos.

CONCLUSIONES

El tipo de polímero influyó significativamente en la adherencia de las DFR, siendo más efectivos H y Q, en los cuales la presencia de tensoactivos afectó también al nivel de retención de la DFR. El S potenció la retención/adhesión de las DFR de Q mientras que este compuesto y el O disminuyeron esta capacidad en las DFR de H. Las interacciones específicas entre componentes y con la superficie del material recubierto tienen, por tanto, un papel relevante en la retención superficial de las DFR. La concentración total de sólidos de la DFR es la variable con mayor impacto sobre la cantidad de sólidos retenidos y, por tanto, en el grosor del recubrimiento formado.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen la financiación concedida por el Ministerio de Economía y Competitividad e INIA.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta, M.P., M.A. Peltzer., M.D.C. Garrigós and A. Jiménez. 2013. Structure and mechanical properties of sodium and calcium caseinate edible active films with carvacrol. *Journal of Food Engineering*, 114(4), 486-494.
- Chen, H. 1995. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 78(11), 2563-2583.
- Fabra, M.J., R. Pérez-Masiá., P. Talens and A. Chiralt. 2011. Influence of the homogenization conditions and lipid self-association on properties of sodium caseinate based films containing oleic and stearic acids. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 1112-1121.
- Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P., & Chiralt, A. (2012). Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 302-310.
- Krochta, J. M. 2002. *Protein-Based Films and Coatings*, CRC Press, Boca Raton, FL (2002), pp. 1-41
- Mali, S and M.V. E Grossmann. 2003. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24): 7005-7011.
- Rodríguez, M., J. Osés., K. Ziani., and J.I. Maté. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*, 39(8): 840-846.
- Sánchez-González, L., M. Vargas., C. González-Martínez., A. Chiralt and M. Cháfer, 2009. Characterization of edible films based on hydroxypropylmethylcellulose and tea tree essential oil. *Food Hydrocolloids*, 23(8): 2102-2109.
- Vargas, M., A. Albors., A. Chiralt., and C. González-Martínez. 2009. Characterization of chitosan-oleic acid composite films. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 536-547.

Efecto del Tipo de Plastificante en las Propiedades de las Películas Elaboradas a Partir del Sub-Producto de Babasú

Effect of plasticizer type on the properties of babassu byproduct film

Maniglia, B.C.¹; Lucas, A. de A.²; Tapia-Blácido, D.R.¹

¹ M.Sc. Química, , Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Química, , Universidade de São Paulo, Sede Ribeirão Preto-SP, Brasil, biancamaniglia@gmail.com

² Profesor Doctor, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Química, , Universidade de São Paulo, Sede Ribeirão Preto-SP, Brasil, delia@ffclrp.usp.br

³ Profesor Doctor, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade de São Carlos, Sede São Carlos, SP- Brasil, alucas@ufscar.br

Resumen. En este trabajo se evaluó el efecto del tipo de plastificante en las propiedades mecánicas y funcionales de las películas a base del almidón extraído del mesocarpio de babasú. Los resultados demostraron que la película plastificada con glicerol presentó mayor resistencia mecánica, mayor permeabilidad al vapor de agua, y menor solubilidad al agua que las películas plastificadas con sorbitol. Los resultados obtenidos en el DSC mostraron que el glicerol fue el plastificante más compatible con la matriz de almidón de babasú, pues no fue observada T_g a alta temperatura. La mejor interacción del glicerol en la matriz polimérica del almidón de babasú permitió obtener una estructura más homogénea, resultando en mejores propiedades mecánicas.

Palabras claves. Babasú, películas, propiedades mecánicas, DSC, cristalinidad, microestructura

Abstract. The effect of plasticizer type on the mechanical and functional properties of films made from starch isolated from babassu mesocarp was evaluated. The results demonstrated that the film plasticized with glycerol had higher mechanical resistance, higher water vapor permeability, and lower solubility compared to sorbitol. The results obtained by DSC showed that the glycerol was the most suitable plasticizer for the babassu starch matrix, since T_g was not observed at high temperature. Better interaction of glycerol with the babassu starch allowed to obtain a more homogeneous structure, resulting in improved mechanical properties.

Key words. Babassu , films, mechanical properties, DSC, crystallinity , microstructure.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una tendencia de aprovechar los sub-productos o residuos agroindustriales para obtener materiales con capacidad de formar películas. Maniglia et al., (2014) elaboraron películas a partir del residuo de la extracción de pigmento de cúrcuma obteniendo películas con actividad antioxidante. El babasú (*Orbignya phalerata* Mart.) es una palmera que crece naturalmente en el norte de Brasil, en los estados de Piauí, Tocantins y Maranhão, también en el Cerrado y en la floresta Amazónica, en un ecosistema llamado “Mata dos Cocais”. El coco de babasú contiene 11% de exocarpio, 23% de mesocarpio, 59% de endocarpio y 7% de almendra (Vieira et al., 2011). El gran interés comercial del babasú está en la extracción de aceite de las almendras. Por lo tanto, el mesocarpio representa un sub-producto de esta actividad industrial, que actualmente es utilizado como ración animal. El mesocarpio del fruto de babasú contiene alrededor de 63,75% a 71,29% de almidón (Miotto et al., 2013). El almidón de babasú es semejante a algunos almidones de cereales, pero es diferente a los almidones de raíces y tubérculos. Este almidón presenta un contenido significativo de amilosa, lo que provoca una alta tendencia a la retrogradación.

En este trabajo fue utilizado el mesocarpio del coco de babasú para la producción de películas evaluando dos

tipos de plastificantes: glicerol y sorbitol. Las propiedades mecánicas, funcionales, cristalinidad, y microestructura también fueron estudiadas para determinar el mejor plastificante para este material.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. El residuo del mesocarpio de coco de babasú fue suministrado por la Coopaesp (Marahón). El glicerol y sorbitol usados como plastificantes fueron comprados de Sigma-Aldrich.

Extracción del almidón: 100 g del mesocarpio fue sumergido en agua destilada, después molido y filtrado en tamizes de acero inoxidable de 400 mesh. El líquido obtenido en la filtración fue centrifugado, secado, molido y tamizado (400 mesh). El material fue almacenado en frascos de vidrio de color oscuro.

Formación de las películas. Las películas fueron elaboradas por el método de “casting” a partir de una solución conteniendo 5% p/p (almidón). La suspensión fue calentada a 81°C por 30 minutos, y fue adicionado glicerol y sorbitol como plastificante (19 g de plastificante/100 g de almidón). Las películas fueron secadas a 35°C x 12 horas, almacenadas durante 48 h a 25°C y 59 % de humedad relativa, previo a realizar las determinaciones de caracterización.

Tabla 1. Propiedades de las películas de babasú plastificadas con glicerol y sorbitol

Propiedades	Glicerol	Sorbitol
Tensión (MPa)	63,0±4,1a	16,9±2,7b
Elongación (%)	1,7±0,2a	1,5±0,3a
Módulo de Young (MPa)	4295,9±208,8a	1516,4± 233,9b
PVAX10-10 (g.m-1.s-1.Pa-1)	8,5±0,2a	1,2±0,5b
Solubilidad (%)	36,6±2,1b	74,0±2,5a
Humedad (%)	11,2±0,1a	10,8±2,1a
Ángulo de contato	75°	67,5°
Cristalinidad	31,9	39,3
Tg por DSC		
Tg1 (°C)	-78,30	-
Tg2 (°C)	-18,27	46,64
Espesor (mm)	0,062±0,005a	0,076±0,004b

a, b: letras minúsculas diferentes representa diferencia significativa entre los plastificante (p<0,05)

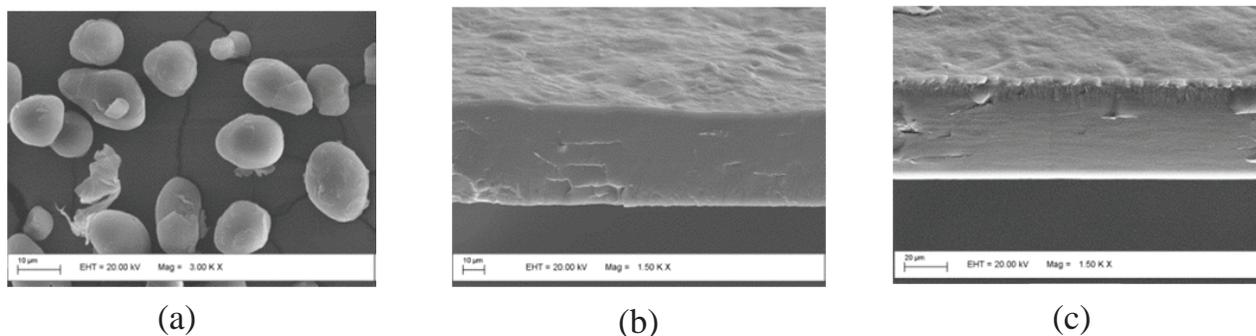


Figura 1. Microestructuras del almidón de babasú (a) y de las películas plastificadas con (b) glicerol y (c) sorbitol.

Composición. Las proteínas, lípidos, cenizas y humedad del material fueron determinadas según la metodología recomendada por la AOAC (1997). El contenido de fibras fue determinado siguiendo el método descrito en la norma TAPPI T19 om-54, con algunas modificaciones. La microestructura del material fue analizada en un Microscopio Electrónico de Barrido marca ZEISS modelo EVO-50, a 20 kV.

Caracterización de las películas. Las propiedades mecánicas de tracción, el contenido de humedad, la permeabilidad al vapor de agua fueron determinadas de acuerdo a las normas ASTM (1995), y el espesor de las películas, con un medidor electrónico Elcometer 350. La solubilidad fue determinada según la metodología descrita por Maniglia et al., (2014). Las microestructuras fueron examinadas en un microscopio electrónico de barrido ZEISS modelo EVO-50, a 20 kV. Los estudios de rayos X fueron realizados en un espectrofotómetro de rayos X Philips 1730, entre $2\theta = 5$ a $2\theta = 40^\circ$ y velocidad $1^\circ 2\theta/\text{min}$. La determinación de la transición de fase (T_g) fue realizada en un DSC 2920 (TA Instruments) a $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

Análisis Estadístico: Para evaluar las diferencias en las propiedades de las películas de almidón de babasú plastificadas con glicerol y sorbitol fue realizada el test de Tukey a 95% de nivel de significancia ($p < 0.05$) utilizando el software Statistica 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición del material extraído. El material extraído del mesocarpio de babasú presentó alto contenido de

almidón (94%) y bajo contenido de cenizas ($1,13\% \pm 0,1$), lípidos ($1,75\% \pm 0,36$), proteínas ($1,38\% \pm 0,01$) y fibras ($1,72\% \pm 0,15$). Estos valores están expresados en base seca. La humedad del material fue de $15,09\% \pm 1,65$ (base húmeda). La microestructura del material confirmó la presencia de granos de almidón de formato poligonal ovalados con diferentes tamaños ($\sim 10\mu\text{m}$) (Figura 1a).

Caracterización de las películas. En la Tabla 1 se observa que las películas de babasú plastificadas con glicerol fueron más resistentes a la rotura, menos solubles al agua, más permeables al vapor de agua y menos cristalinas que las películas plastificadas con sorbitol.

A pesar de la mayor cristalinidad de las películas de sorbitol, estas películas fueron menos resistentes a la rotura. El valor de ángulo de contacto demostró que ambas películas presentaron alta mojabilidad, por tanto estas películas son hidrofílicas. Los valores de T_g de la película de babasú mostraron la presencia de una segunda T_g en las películas plastificadas con sorbitol ($T_g = 46,6^\circ\text{C}$), lo cual confirmó una separación de la fase rica de almidón.

Esta separación de fase indicaría que el sorbitol no se incorporó en la matriz formada por el almidón, lo cual puede ser confirmado con la estructura poco homogénea y menos densa observada en las películas de babasú plastificadas con sorbitol (Figura 1c). La presencia de amilosa en las películas de babasú puede ser evidenciada por la presencia de dos picos en la curva de difracción de rayos X en 7° y 17° (Figura 2). En las películas con glicerol fue observado un pico adicional en 12° .

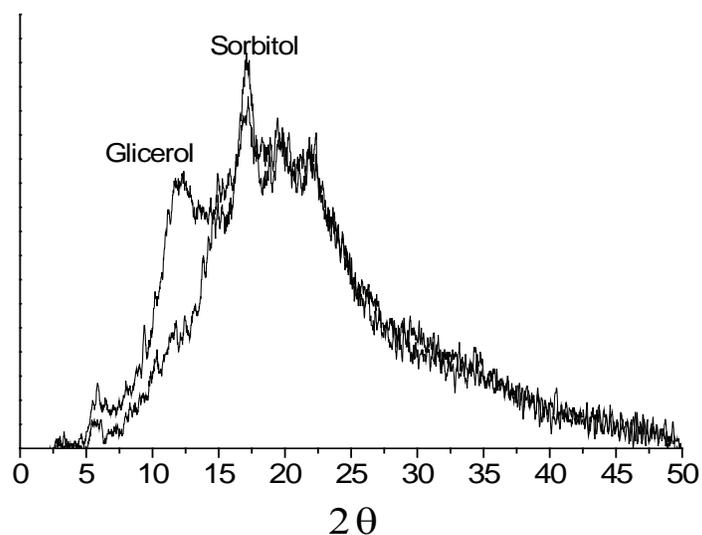


Figura 2. Diagrama de difracción de rayos X de las películas de babasú.

CONCLUSIONES

El almidón extraído del mesocarpio de babasú tiene un gran potencial para formar películas. El glicerol demostró ser el plastificante más compatible con la matriz formada por el almidón. Estas películas fueron más resistentes a la rotura, poco elongables, poco solubles, y no presentaron separación de fase de la matriz rica en almidón.

AGRADECIMIENTOS

A la FAPESP y a la CAPES por el financiamiento.

BIBLIOGRAFIA

AOAC. 16a Edition. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1997.
 ASTM. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, ASTM, 1995.

Maniglia, B.C., J. Domingos., R.L. de Paula., D.R. Tapiá-Blácido., 2014. Development of bioactive edible film from turmeric dye solvent extraction residue. *LWT- Food Science and Technology*, 56: 269-277.

Miotto, F.R.C, J. Restle., J.N. Neiva., N. Castro., L.F. Sousa., R. da Silva., B. de Freitas., and J. Leão. 2013. Replacement of corn by babassu mesocarp bran in diets for feedlot young Bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(3): 213-219.

Vieira, A.P, S. Santana., C. Bezerra., H. Silva., J. Chaves., J. de Melo., E. Filho and C. Airoidi, 2011. Epicarp and mesocarp of Babassu (*Orbignya speciosa*): Characterization and application in copper phtalocyanine dye removal. *Journal Brazilian Chemical Society*, 22(1): 21-29.

Caracterización Físicoquímica de Almidón de Achira (*Canna Edulis Ker*) Pregelatinizado en Secador De Rodillos

Physicochemical Characterization of Canna Starch (Canna Edulis Ker) Pregelatinized on a Drum Dryer

Paola Jaramillo Montenegro¹, Angélica Sandoval Aldana², Freddy Forero Longas³, Alejandro Fernández Quintero¹

1 Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

2 Departamento de producción y sanidad Vegetal, facultad de ingeniería agronómica, Universidad del Tolima.

3 Corporación de investigación agropecuaria Corpoica, C.I Nataima, Espinal - Tolima.

Resumen. Se evaluaron las propiedades físicoquímicas del almidón de achira pregelatinizado en secador de rodillos, variando la concentración de la suspensión y la separación entre rodillos. Posterior al tratamiento físico, los almidones pregelatinizados exhibieron mayores valores de índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA) que el almidón nativo. Los geles preparados no exhibieron un pico de viscosidad máxima para ningún tratamiento. La morfología del gránulo de almidón cambió drásticamente y se perdió la integridad granular. El tratamiento de pregelatinización en secador de rodillos alteró notablemente las propiedades físicoquímicas del almidón de achira.

Palabras clave: Almidón de achira, pregelatinización, secador de rodillos, propiedades físicoquímicas.

Abstract. It was evaluated the physicochemical properties of pregelatinized canna starch by drum dryer varying starch concentration and gap between drums. After the treatment the modified starches showed higher water absorption and water solubility indexes than native starch. It was not show the characteristic peak of maximum viscosity in the pasting profiles for all treatments. The granular morphology showed a drastic change as it was lost its integrity. The drum drying technology modified the physicochemical properties of canna starch.

Key words: Canna starch, pregelatinization, drum dryer, physicochemical properties

INTRODUCCIÓN

La achira (*Canna Edulis Ker*) es una planta herbácea, perenne, propia de la región andina, que pertenece a la

familia botánica de las cannaceas y se caracteriza por tener grandes rizomas que se usan para la extracción de su almidón (Rodríguez et al., 2003). El almidón se caracteriza por tener grandes gránulos, alto contenido de amilosa y formar una pasta clara de alta viscosidad (Puncharnon et al., 2007). Van Hung et al., (2005) determinó que este almidón presenta pastas con viscosidad final y retrogradación mayores a la de otros tubérculos, y que estas diferencias se atribuyen principalmente al alto contenido de amilosa. Estas características indeseables hacen que sea necesario explorar técnicas de modificación que le aporten al almidón propiedades de interés para uso industrial. Los almidones pregelatinizados se producen comercialmente mediante secado por aspersion, extrusión y secado en rodillos, cuyas propiedades funcionales dependen de la intensidad del tratamiento (Anastasiades et al., 2002; Yan & Zhengbiao, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajaron rizomas de achira de la variedad Nativa. Para el proceso de pregelatinización se utilizó un secador de rodillos modelo AL-5 (Buflovak, USA). Se trabajó un modelo experimental de tipo factorial nk, con n=3 niveles y k=2 factores. Teniendo como factores la concentración de la suspensión a 30, 40 y 50% (C1, C2 y C3, respectivamente) y la separación entre rodillos a 0.5, 0.7 y 0.9 mm (S1, S2 y S3, respectivamente). Para determinar ISA y IAA se utilizó la metodología de Sriburi et al., (1999). La temperatura de gelatinización y las curvas de empastamiento se determinó con un microviscoamlografo Brabender (GMBH, Alemania); y la morfología del granulo mediante microscopía electrónica de barrido en un microscopio electrónico modelo JSM-820, lecturas a 500X.

Tabla 1. Caracterización del almidón de achira pregelatinizado

Tratamiento	Humedad (%)	ISA (%)	IAA (g H ₂ O /g almidón)	T _{gel} (°C)	V _{máx} (BU)
Nativo	16.50 ± 0.53	0.28 ± 0.02	2.45 ± 0.00	68.4 ± 0.1	909 ± 4
C1S1	12.30 ± 0.30	3.34 ± 0.23	26.60 ± 0.72	44.0 ± 3.2	71 ± 3
C1S2	12.65 ± 0.87	2.90 ± 0.27	24.14 ± 0.93	35.0 ± 4.0	125 ± 2
C1S3	11.83 ± 0.02	7.52 ± 1.24	19.46 ± 0.71	36.2 ± 5.7	97 ± 8
C2S1	11.74 ± 0.13	5.49 ± 0.32	20.81 ± 0.55	32.7 ± 0.4	107 ± 13
C2S2	11.69 ± 0.86	5.66 ± 0.77	23.80 ± 0.39	37.0 ± 7.3	130 ± 9
C2S3	12.42 ± 0.98	6.91 ± 0.86	20.57 ± 0.05	41.8 ± 4.2	100 ± 0
C3S1	11.68 ± 0.20	4.32 ± 0.35	24.74 ± 0.73	34.1 ± 1.8	94 ± 8
C3S2	12.20 ± 0.91	5.75 ± 0.04	23.12 ± 1.24	39.6 ± 1.8	102 ± 17
C3S3	12.77 ± 0.28	4.51 ± 1.42	21.33 ± 1.15	39.8 ± 4.5	125 ± 8

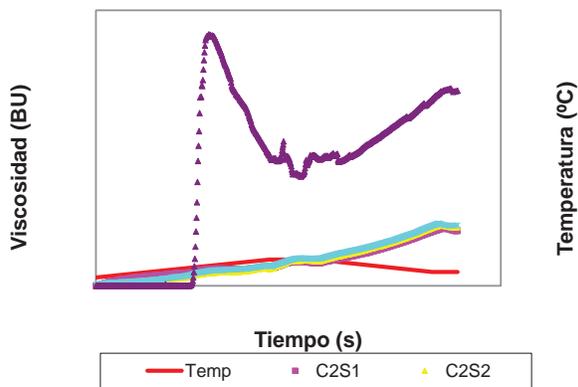


Figura 1. Curvas de empastamiento de almidones nativo y pregelatinizados

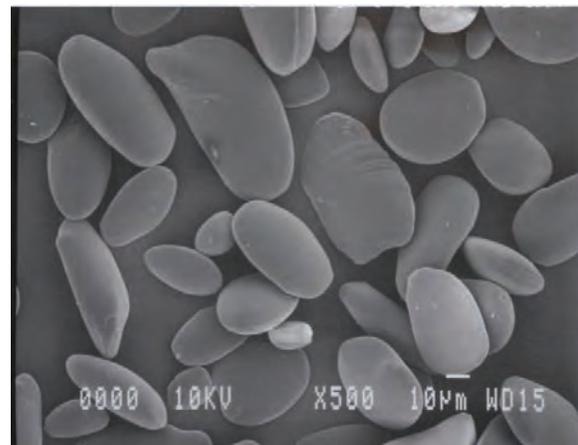


Figura 2. Microfotografía de almidón nativo (A) y pregelatinizado (B) de achira a 500X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se resume la caracterización fisicoquímica de los almidones pregelatinizados obtenidos en los distintos tratamientos, donde se aprecia que las muestras C1S3 y C2S3 son las de mayor tratamiento. En la Figura 1 se encuentran las curvas de empastamiento correspondientes al almidón nativo de achira y las muestras C2S1, C2S2 y C2S3, que presentan desarrollo de viscosidad a baja temperatura y ausencia del pico de viscosidad máxima característico. Las microfotografías del almidón nativo y de almidón pregelatinizado de achira (Tratamiento C1S3), se observan en la Figuras 2 (A y B). El almidón nativo tiene

la típica forma oval con extremos redondeados y superficie lisa; en la microfotografía del almidón pregelatinizado se observa una pérdida total de la estructura e integridad granular, pasando a unas hojuelas alargadas de superficie rugosa.

CONCLUSIONES

El procesamiento del almidón de achira en el secador de rodillos provocó cambios estructurales, morfológicos

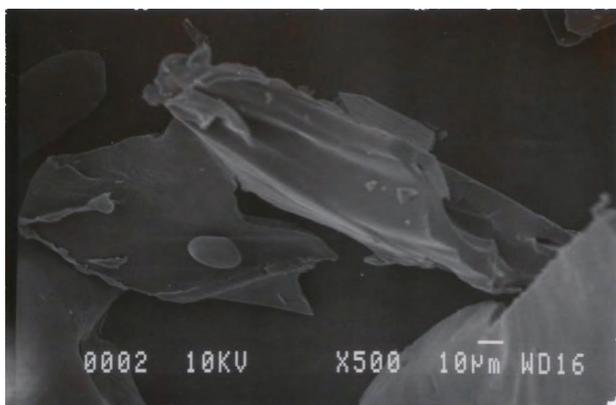


Figura 3. Microfotografía de almidón pregelatinizado de achira 500X

y en las propiedades fisicoquímicas de los almidones modificados. Los valores de los índices de solubilidad y absorción de agua se incrementaron, obteniéndose almidones de mayor capacidad de hinchamiento y solubilidad en agua fría. Los geles resultantes de las curvas de empastamiento mostraron mejor desarrollo de la viscosidad a bajas temperaturas y mayor estabilidad.

Influencia del Contenido de Humedad y Sales en las Propiedades Dieléctricas de la Carne de Bovino

Influence of Moisture, Sales and Protein in Dielectric Properties of Beef

Olga Lucía Torres Vargas¹; Jhon Jairo Prías Barragán²; Álvaro Andrés Navarro P³

1 Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia
oltorres@uniquindio.edu.co

2 Profesor Asociado. Laboratorio de Optoelectrónica, Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia.
jjprias@uniquindio.edu.co.

3 Profesor Asociado Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica. Universidad del Quindío. Magister(C) en Robótica y Automatización. Universidad Técnica de Dortmund. Dortmund Alemania. alvaro.navarro@tu-dortmund.de

Resumen. En este trabajo se presenta el estudio de la influencia del contenido de humedad (X_w), sales (X_{NaCl}), en las propiedades dieléctricas de la carne de bovino. Se realizaron mediciones de permitividad dieléctrica (ϵ) y conductividad eléctrica (σ) en muestras de músculo de bovino (*Longissimus dorsi*) para diferentes tiempos postmortem (t). Las medidas fueron realizadas en intervalos de frecuencias comprendidos entre 10 Hz y 500 KHz. Los resultados obtenidos indican un incremento en t , la ϵ disminuye y la σ aumenta ambas de manera no

lineal, lo cual se podría atribuir a la pérdida de agua y a la migración de iones hacia la superficie del tejido muscular, respectivamente, tal como era de esperarse. Los efectos no lineales observados en $\epsilon(t)$, $\sigma(t)$, $X_w(t)$, y $X_{NaCl}(t)$, fueron modelados considerando comportamientos de sistema de primer orden en los cuales aparecían efectos de almacenamiento y dispersión de los iones.

Palabras clave: Permitividad dieléctrica, conductividad eléctrica, carne de bovino, contenido de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Anastasiades, A., S. Thanou, D. Loulis, A. Stapatoris and T. Karapantsios. 2002. Rheological and physical characterization of pregelatinized maize starches. *Journal of Food Engineering* 52 (X): 57–66.
- Puncha-arnon, S., C. Puttanlek, V. Rungsardthong, W. Pathipanawat and D. Uttapap. 2007. Changes in physicochemical properties and morphology of canna starches during rhizomal development. *Carbohydrate Polymers*, 70, 206–217.
- Rodríguez, G., H. García, F. Camacho y L. Arias. 2003. El Almidón de Achira o Sagú (*Canna edulis*, Ker) – Manual Técnico para su Elaboración. CORPOICA.
- Sriburi, P., S.E. Hill and J.R. Mitchell. 1999. Effects of L-ascorbic acid on the conversion of cassava starch. *Food Hydrocolloids*, 13, 177–183.
- Van Hung, P. and N. Morita. 2005. Physicochemical properties and enzymatic digestibility of starch from edible canna (*Canna edulis*) grown in Vietnam. *Carbohydrate Polymers*, 61, 314–321.
- Yan, H. and G.U. Zhengbiao. 2010. Morphology of modified starches prepared by different methods. *Food Research International*, 43, 767–772.

Abstract. In this paper we study the influence of moisture content (x_w) and salts (x_{NaCl}) in the dielectric properties of beef. Measurements of dielectric permittivity (ϵ) and electrical conductivity (σ) in samples of bovine muscle (*Longissimus dorsi*) for postmortem different times (t) are performed. The measurements were performed with frequencies between 10 Hz and 500 KHz. The results indicate an increase in t ; ϵ , σ decreases and increases both nonlinear manner, which could be attributed to loss of water and ion migration to the surface of muscle tissue, respectively, as was expected. Nonlinear effects observed $\epsilon(t)$, $\sigma(t)$, $x_w(t)$, and $x_{NaCl}(t)$, considering behavior was modeled first order system in which storage effects appeared ion scattering.

Key words: Dielectric permittivity, electrical conductivity, beef, water content.

INTRODUCCIÓN

La espectroscopia dieléctrica determina las Propiedades Dieléctricas (PD) de la muestra como una función de la frecuencia. La permitividad compleja (ϵ^*) es la propiedad que describe el comportamiento dieléctrico de los alimentos cuando se someten

en un campo electromagnético ecuación $\epsilon^* = \epsilon' + i\epsilon''$ (Nelson y Datta, 2001). La parte real del complejo permitividad se llama la constante dieléctrica y la parte imaginaria se llama factor de pérdida (ϵ''). La capacidad material para almacenar energía está relacionada con ϵ' y ϵ'' está relacionado con la absorción y disipación de la energía electromagnética en otros tipos de energía. Las PD de los alimentos dependen de su composición; contenido en humedad, sales, hidratos de carbono, proteínas y grasa son algunos de los componentes más influyentes. La ϵ' y ϵ'' están afectados por la presencia de agua libre y agua ligada, las cargas superficiales, electrolitos, no electrolitos, así como por los puentes de hidrógeno presentes en el alimento (Castro-Giráldez *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo es determinar la influencia del contenido de humedad (x^w), sales (x^{NaCl}), en las propiedades dieléctricas de la carne de bovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron mediciones de permitividad dieléctrica (ϵ) y conductividad eléctrica (σ) en muestras de músculo de bovino (*longissimusdorsi*) para tiempos postmortem (t) entre 24h y 168 h, después del sacrificio. Las medidas fueron realizadas en intervalos de

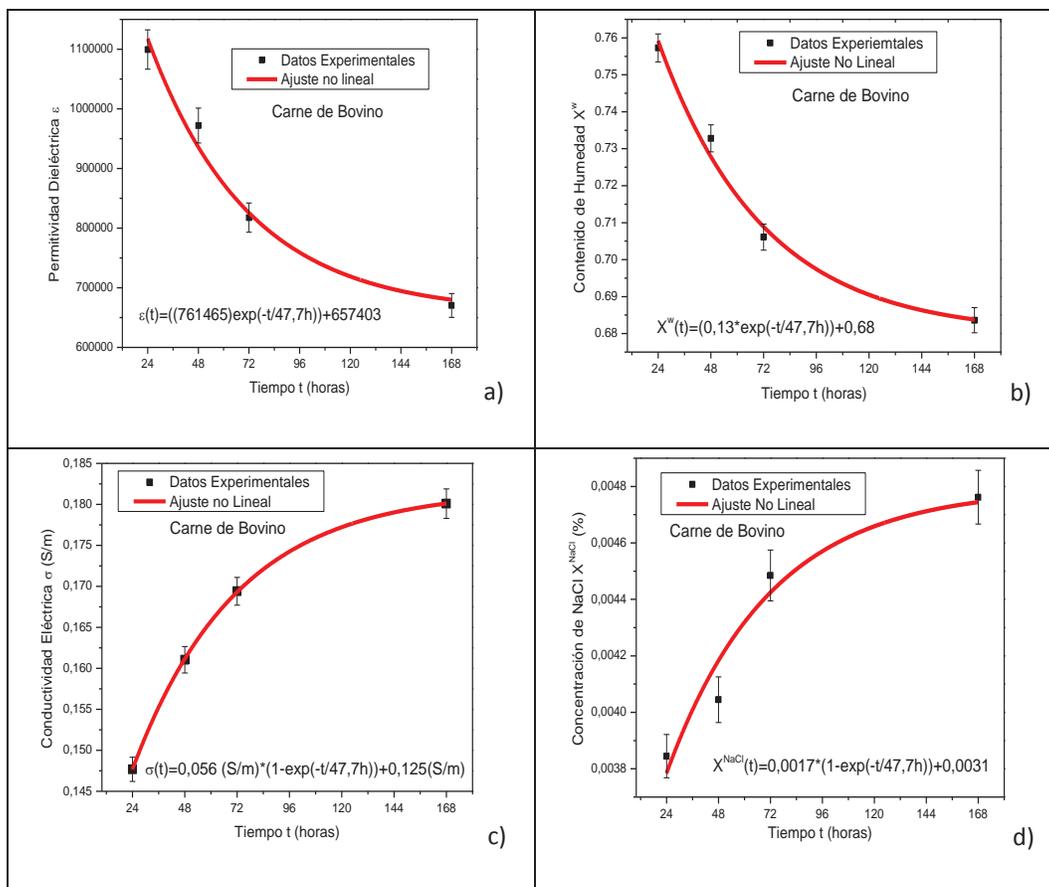


Figura 1. Permittividad dieléctricas (ϵ), conductividad eléctrica (σ), contenido de humedad x^w (g/g) y x^{NaCl} (g/g), en carne fresca de bovino frente al tiempo de maduración.

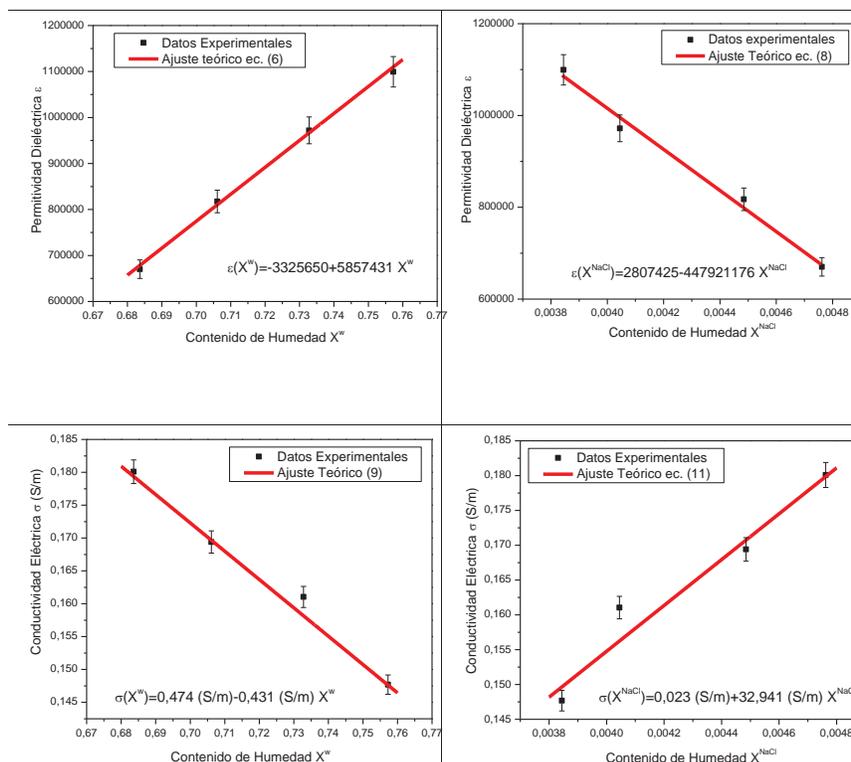


Figura 2. Correlaciones lineales entre ϵ' (x^w), ϵ' (x^{NaCl}), σ (x^w), y σ (x^{NaCl}).

frecuencias comprendidos entre 10 Hz y 500 KHz utilizando un equipo electrónico automatizado de placas planas paralelas y metálicas de geometría fija, empleando como dieléctrico las muestras de carne en forma de cubos de 1 cm³ con un peso aproximado de 20 g. A las muestras se determinó, contenido en cloruro sódico (x^{NaCl} , g/g), contenido en humedad (x^w , g/g) (ISO R-1447), Los datos fueron analizados con software OriginPro7 Scientific.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1(a y b), muestra el comportamiento de ϵ' y x^w g/g, frente al tiempo de maduración de la carne de bovino, se observa como un aumento en el contenido en x^w g/g produce un aumento en el valor de ϵ' . Este efecto se debe a la interacción de proteínas, hidratos de carbono y sales con el agua produciendo un decrecimiento en ϵ' en la carne.

En la Figura 1(b y c) se observa el aumento de la σ (S/m) y el contenido de x^{NaCl} (g/g) con el aumento del tiempo de maduración en la carne, éste comportamiento es asociado a un incremento de la σ del tejido. A bajas frecuencias del espectro, la σ se relaciona directamente con la σ de los iones intra y extracelular de la carne, ya que se considera que a estas frecuencias la radiación no es capaz de atravesar la membrana celular. A partir de este punto, la conductividad aumenta drásticamente debido a la relajación de los dipolos de agua (Rigaud *et al.*, 1996). Los efectos no lineales observados en $\epsilon(t)$, $\sigma(t)$, $x^w(t)$, y $x^{NaCl}(t)$, fueron modelados considerando comportamientos

de sistema de primer orden en los cuales aparecían efectos de almacenamiento y dispersión de los iones. Del respectivo análisis de correlación se lograron obtener las dependencias ϵ' (x^w), σ (x^w), ϵ' (x^{NaCl}) y σ (x^{NaCl}) como se muestra en la Figura 2.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que la ϵ' y la σ de la carne de bovino están relacionados con los cambios que se producen en su contenido de x^w y x^{NaCl} (iones) durante el tiempo de transformación del músculo en carne. Las ecuaciones de predicción obtenidas, indican en todos los casos que el tiempo de relajación t corresponde a 47,7 horas, tiempo en el cual se podría considerar que la carne aún se encuentra en la etapa de rigor mortis. Se sugiere que la medición PD en muestras de carne podría permitir la evaluación sistemática de la calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro-Giráldez, M., M.C. Aristoy, F. Toldrá and P.Fito. 2010. Microwave dielectric spectroscopy for the determination of pork meat quality. *Food Research International*; 43(10): 2369-2377.
- Nelson, S.O. and A.K. Datta. 2001. Dielectric properties of Food Materials and Electric Field Interactions. In Datta A. K. and R. C. Anantheswaran, *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*, New York: Marcel Dekker. 69–114.
- Rigaud, B., J.P. Morucci and N. Chauveau. 1996. Bioelectrical impedance techniques in medicine. Part I: Bioimpedance measurement. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*; 24(4–6): 257–351.



Alimentos Funcionales, Nutrición y Salud

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

La Curuba Larga (<i>Passiflora mollissima</i>): una Fruta con Potencial Quimiopreventivo <i>Diana Carolina Chaparro; María Elena Maldonado; Luz Amparo Urango; Benjamín Rojano.</i>	610
Evaluación de Características Bioactivas y Estructurales en Polen Apícola y Pan de Abejas <i>Carlos M. Zuluaga D., Marta C. Quicazán de C.</i>	611
Pigmentación de la Yema de Huevo de Gallinas Criollas Alimentadas con Harina Integral de Zapallo <i>Cristian Camilo Ubaque Pinzón, Jorge Luis Luna Meléndez, Ginna Alejandra Ordoñez Narváez, Sanín Ortiz Grisales y Franco Alirio Vallejo Cabrera.</i>	614
Gelatina Probiótica de Lactosuero con Bacterias Ácido Lácticas Aisladas del Pozol Fermentado Chiapaneco <i>Juan Nelvin Castillo-Ruiz, Isauro Mauricio García-Guillén, Leví Saúl Ortíz-Rubio, Gilber Vela-Gutiérrez y Erika Judith López-Zúñiga</i>	616
Propiedades Funcionales de un Queso de Pasta Hilada Semigrasocon Adición de Dextrano. <i>Andrea Carolina Castro; Néstor Algecira; Carlos Novoa y Gustavo Buitrago.</i>	618
Efecto del Mucilago de Nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>) en el crecimiento de <i>Lactobacillus delbrueckii</i> Encapsulado <i>Castro-Diana, David Simental, Yáñez Jorge</i>	621
Valoración del Cambio de las Propiedades Nutricionales del Polen Apícola a Diferentes Temperaturas de Deshidratación <i>Andrés Duran Jiménez, Martha Cecilia Quicazán Sierra</i>	622
Determinación de Compuestos Fenólicos en la Pulpa y Cáscara de Mango Variedad Edward <i>Matos-Chamorro Rodrigo Alfredo; Medina-Hoyos Elena</i>	625
Esquema de Extracción de Polisacáridos como Carbohidratos Totales a Partir del Macromiceto <i>Grifola Frondosa</i> <i>Sandra Montoya; Óscar Julián Sánchez</i>	628
Efecto del Almacenamiento en Contenido de Clorofila y Vitamina C, en Arveja (<i>pisum sativum</i> L.) <i>Ana Lucia Pantoja C, Oswaldo Osorio M, Andrés Felipe Cerón C, Diego Fernando Mejía E</i>	628
Calidad de la Canal de Pollos de Engorde Alimentados con Harina Integral de Zapallo <i>Cristian Camilo Ubaque Pinzón, Lucy Viviana Orozco Agudelo, Sanín Ortiz Grisales, Magda Piedad Valdés Restrepo y Franco Alirio Vallejo Cabrera.</i>	630
Actividad Antirradicalaria y Caracterización de Polifenoles Purificados de Hojas de Gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) <i>Leonardo Sepúlveda; Jorge E. Wong-Paz; Pedro Aguilar; Gabriel Lujan1; Juan Ascacio-Valdés; Juan Buenrostro; José Sandoval; Antonio Aguilera-Carbó; Raúl Rodríguez; Juan Contreras; Cristóbal Aguilar</i>	632

Implementación de Protocolos para Determinar Propiedades Fisicoquímicas, Bioquímicas y la Actividad Biológica de la Miel de Abejas <i>Zaira Marín A; Jesús Gil; Diego Durango; Carlos García</i>	635
Desarrollo de Pan con Inclusión de Polen y Sustitución de Grasa Hidrogenada por Aceite Vegetal <i>Lina Angélica Hidalgo Pachón; Marta Cecilia Quicazán de Cuenca; Luis Alberto Figueroa Casallas</i>	638
Efecto del Secado Sobre la Concentración de Polifenoles y Actividad Biológica de Subproductos Cítricos <i>Lizzie V. Baas Dzul; Ingrid M. Rodríguez Buenfil, Ángeles Sánchez Contreras, Manuel O. Ramírez Sucre y Neith Aracely Pacheco López</i>	641
Efecto del Estado de Madurez en el Valor Nutricional de Harinas de Plátano Popocho (<i>Musa exótica L.</i>) y Primitivo (<i>Musa acuminata aa</i>) <i>Elena Peña Masiá, Eva García Martínez, Alberto Yuste del Carmen, Nixon Moya Sánchez, Nuria Martínez Navarrete y Gemma Moraga Ballesteros</i>	643
Dulces tradicionales de Chiapas con harina de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris L</i>) <i>Adriana Caballero Roque, Shantal Arias Solís, Paulina Ayvar Ramos, Marcos Gabriel Molina López y Vicente Tadeo Ramos Cruz.</i>	646
Efecto Antioxidante del Chocolate Oscuro y sobre el Perfil Lipídico en una Población Sana <i>Mary Lares, Sara Brito, Elevina Perez y María Soledad Hernández,</i>	648
Desarrollo de Una Fórmula Infantil Líquida, Fortificada a Base de Leche Entera de Vaca <i>Beatriz Estella López Marín, Julie Maritza Álvarez Rivera y Luz Marina Carvajal</i>	650
Identificación de Genotipos de Zapallo (<i>Cucurbita moschata Duch.</i>) por Contenido de Carotenoides y Almidón <i>Jorge L. Luna M., María del Mar Méndez, Franco A. Vallejo C, Magda P. Valdés R y Sanín Ortiz G.</i>	653
Influencia de Diferentes Emulsificantes en las Características Texturales de Pan Libre de Gluten <i>Fernán Martínez-Jiménez, Eduardo Rodríguez-Sandoval y María Soledad Hernández</i>	655
Polifenoles y Actividad Antioxidante en Extracto de Murtilla Obtenido por Condensación de Vapor <i>Karen Mathias-Rettig, Kong Ah-Hen, Ociel Muñoz y Roberto Lemus-Mondaca</i>	658
Protección Térmica de Vitamina B3 con Celulosa Bacteriana y su Aporte de Fibra Dietaria <i>Marlon Osorio Delgado; Diana Vásquez Osorio; Lina Vélez Acosta; Gloria Caro Muñoz, Robín Zuluaga Gallego; Piedad Gañán Rojo; Gustavo Hincapié Llanos; Daniel Peláez Cuellar; Cristina Castro Herazo.</i>	661
Cocoa Husk as Source of Natural Phenolic Antioxidants: Comparison of Polyphenols and Antioxidant Activity in Theobroma Cacao Beans and Husk <i>Toro-Uribe Said, Estupiñán Mauren Rocio, López-Giraldo Luis Javier</i>	664
Estudio del Grado de Modificación Química del Aislado Proteico de la Microalga Spirulina (<i>Arthrospira máxima</i>). <i>Juan Carlos Letelier Carvajal; Mónica Tejo Cavalcanti; Pedro Cereza Mezquita</i>	668
Aceite Esencial de las Semillas de Cardamono (<i>Elettaria cardamomum</i>) en Helado Tipo Premium <i>Luz A. Urango, María E. Maldonado, Oscar Manrique C, Carlos Peláez.</i>	670

Efecto del Yacón (<i>Smallanthus Sonchifolius</i>) sobre Pasabocas de Mango (<i>Manguifera Indica</i> L.) por Fritura al Vacío <i>Rafael H. Villamizar Vargas., Laura S. Torres Valenzuela</i>	674
Orac y Polifenoles de Vino de Mortiño Obtenido Bajo Diferentes Métodos de Maceración <i>Isabel Cristina Zapata Vahos; Susana Ochoa; Arley David Zapata; Sebastián F Cavalitto y Benjamin Alberto Rojano</i>	674
Relación entre Compuestos Bioactivos y Actividad Antioxidante de Polen Apícola Empleando Análisis de Correlación Canónica <i>Carlos M. Zuluaga D.; Marta C. Quicazán de Cuenca.</i>	676
Aceite Esencial de las Semillas de Cardamono (<i>Elettaria cardamomum</i>) en Helado Tipo Premium <i>Luz A. Urango, María E. Maldonado, Oscar Manrique C, Carlos Peláez.</i>	678
Estudio del Grado de Modificación Química del Aislado Proteico de la Microalga <i>Spirulina</i> (<i>Arthrospira máxima</i>). <i>Juan Carlos Letelier Carvajal; Mónica Tejo Cavalcanti; Pedro Cerezal Mezquita</i>	679
Efecto del Solvente de Extracción Sobre la Actividad Antioxidante de Feijoa <i>Andrea Milena Sánchez Riaño; Lina María García Rivera; Henry Alexander Váquiro Herrera; José Fernando Solanilla Duque</i>	681
Efecto de Incorporar Pasta de Ajonjolí (<i>Sesamum Indicum</i> L.) y Plasma Sanguíneo Bovino en Chorizos <i>Lesbia Cristina Julio González, Piedad Margarita Montero Castillo y Diofanor Acevedo Correa</i>	683
Impacto Nutricional de un Alimento a Base de Atún y Soya Enriquecido con Vitaminas y Minerales <i>Leonides Elena Flores Guillén; Brenda Angélica Utrilla Estrada; Laura Concepción Domínguez Cruz Domínguez; Gilber Vela Gutiérrez; Erika Judith López Zúñiga</i>	686
Cuantificación Rápida de Zinc en Arroz por Fluorescencia de Rayos X <i>Moralba Dominguez; Jaime Borrero; Cecile Grenier; Joe Tohme</i>	688
Obtención de Ácidos Grasos Esenciales de Semillas de Chia (<i>Salvia hispánica</i> , L.) Cultivadas en Bolivia <i>Jenny Espinoza Alcócer; Ana María Rojas Zambrana; Maribel García Soto; Rosse Mary Terán Pacheco; Walter de Groot P; Nora Medrano Mercado</i>	690
Evaluación de la Producción de Galactooligosacáridos a partir del Lactosuero por Vía Enzimática <i>Dina Bohórquez Navarro; Jairo Salcedo Mendoza; Euriel Millán Romero y Jorge Pérez Vides.</i>	692
Evaluación de las Condiciones de Extracción en el Contenido de Capsaicinoides de Chile Habanero Neith A. <i>Pacheco López, Teresa Ayora Talavera; Manuel Ramirez Sucre e Ingrid Rodríguez- Buenfil</i>	695
Potencial agroindustrial de cáscara de mango <i>Mangifera indica</i> variedad criollo <i>Liliana Serna Cock, Cristian Torres León, Brenda Escandón Vargas, Gilver Rosero Chasoy, Adriana Micanquer Carlosama.</i>	697
Phytochemical Compounds and Biological Activities of <i>Schinus areira</i> (L.) Leaves and Fruits <i>Luis R. Silva, Liliana Celaya and Carmen I. Viturro</i>	699

Formulación y Evaluación de Barras de Fruta Concentrada de Borajó, Tomate de Árbol y Quinua. <i>Johan Esteban Villamil G, Jorge Luis Parrado P, Jesús Antonio Galvis V</i>	702
Los Insectos Como Potencial Fuente de Alimentación para la Población Colombiana <i>Manuela Orozco Muñoz</i>	705
La Miel y su Actividad Terapéutica en Quemaduras <i>Sandra Guerrero-Gamboa, Carmen Helena Pinto, Yesly Rincón, Dulay Vargas</i>	708
Encapsulación de Fructoligosacáridos y Vitamina C en Néctar de Mango Edulcorado con Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) <i>Laura Sofía Valenzuela; Rafael Humberto Villamizar Vargas; Sara Victoria Angel</i>	711
Impregnación al Vacío de Rodajas de Plátano (Dominico Hartón) con Calcio y Vitamina D <i>Danny Garzón Jiménez; Francisco Castellanos Galeano; Misael Cortés Rodríguez</i>	714
Determinación del Contenido de b-caroteno en Feijoa y Guayaba Agria en Dos Estados de Madurez <i>Melisa S. Longo, Lina María García Rivera, Andrea Milena Sánchez Riaño, Henry Alexander Váquiro Herrera y José Fernando Solanilla Duque</i>	716
Determinación Cuantitativa de Vitamina C en Tomate Chonto (<i>Lycopersicum Esculentum</i>) <i>García Giraldo Irma María; Reyes Pineda Henry</i>	719
Obtención del Extracto de L-citrulina Procedente de Corteza de Sandía Utilizando Líquido Presurizado <i>Ricardo Durán Barón, María E. Villegas, Ibeth K. Nieves, Alessandra Lopes de Oliveira y Luis J. Perez</i>	721
Sustitucion de Harina de Trigo por Banano Bocadillo (<i>musaacuminata</i>) y Adición de Inulina en Masas para Galletas <i>Mónica Esperanza Meza Gonzalez; Angelica María Galvis Gonzalez; Olga Lucía Torres Vargas.</i>	723
Capacidad Antioxidante de Sericina Extraída con Agua Caliente a partir de Seda Natural Colombiana <i>Angélica M. Serpa, Adriana Restrepo-Osorio, Benjamín Rojano, Catalina Alvarez-López</i>	726
Harina de Cáscara de Maracuyá como Sustituto Graso en Chorizos de Tilapia Roja <i>Carlos A. Acosta G.; Diego A. Virviescas S.; Ángela M. Otálvaro A.</i>	728
Evaluación del Efecto de la Adición de Avena sobre las Características Reológicas del Yogur <i>Elkin Acosta Alarcón, Lina Angelica Hidalgo Pachón y Marta Cecilia Quicazán de Cuenca</i>	731
Efecto de la Adición de Emulsiones Múltiples con Fenoles en un Queso Funcional Tipo Cheddar <i>D. J. Pimentel-Gonzalez.; M. García Meza; B. García Almendárez; A.D. Hernández-Fuentes; R. G. Campos-Montiel</i>	734
Efecto de las Mielles de Agaves en el Crecimiento de <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>Diana Castro y Jorge Yañez</i>	736
Extracción, Identificación y Capacidad Antioxidante de Polifenoles (antocianinas) de la Mora (<i>Rubus urticaefolius</i> poir R.)	

<i>Nelson Humberto Hurtado Gutiérrez; Silvia Marcela Enríquez García; María Jesús Cejudo Bastante; Francisco José Heredia Mira</i>	739
Caracterización de las Fracciones Protéicas de la Microalga Spirulina (Arthrospira máxima) <i>Juan Carlos Letelier Carvajal; Sergio Marqués de Lucena</i>	741
Valor Nutricional de una Pasta Alimenticia Elaborada con Harina de Manihot esculenta Crantz y Moringa oleífera. <i>Catherine Rodríguez Mogollón; José Alejandro Orozco Ochoa; Jacqueline Chávez Galvis</i>	743
Evaluación de las Propiedades Funcionales y Carotenoides en la Harina de Zapallo (Cucúrbita moschata Dutch) <i>Julián Rojas Pérez; Pedro Vanegas Mahecha ; Hugo Alexander Martínez-Correa</i>	746
Análisis Físicoquímico de Frutos Tropicales (“Guayaba “Psidium guajaba L.”, Mango “Mangifera indica L.”, Piña “Ananas comosus”, Papaya “Carica papaya L.”) Cultivados en el Espinal – Tolima <i>Juan Manuel Sánchez; Andrea Verónica Herrera; Eyleen Jeniffer Torres</i>	748
Almidón Esterificado de Plátano (Musa paradisiaca L.) de Baja Digestibilidad <i>Mirna María Sánchez-Rivera, Ya-Jane Wang y Luis Arturo Bello-Pérez</i>	751
Protección de Compuestos Antioxidantes de Xoconostle Secados por Aspersión Adicionados en un Queso Oaxaca Funcional <i>Estrada-Fernández A. G; Campos-Montiel R. G; Salcedo-Hernández R; Aguirre-Álvarez G; Pimentel-González D.J.</i>	754
Elaboración de Tres Suplementos Alimenticios a partir de Plantas Comestibles <i>Alfredo Pérez Jácome; Luis Alberto Morales Martínez; Evaristo Julio Ballinas Díaz; Gilber Vela-Gutiérrez; Yasmin Burquete Martínez; Iris Amalia Cundapi Ramos; Erika Judith López Zúñiga.</i>	757
Desarrollo de una Barra de Cereal con Inclusión de Polen Apícola <i>Diana Carolina Longo Ordoñez; Claudia Hernández Londoño y Marta Cecilia Quicazán</i>	759
Evaluación Funcional del Almidón de Banano (musa sapientum) Exportable del Ecuador <i>Omar Martínez Mora, Raúl Díaz Torres, Esther Ramírez Moreno</i>	761
Caracterización Físicoquímica de Masas para Galletas con Adición de Banano Bocado (Musa acuminata) y Quinoa (Chenopodium quinoa) <i>Laura Lorena Chaparro Rojas; Olga Lucía Torres Vargas</i>	763
Esquema de Extracción de Polisacáridos como Carbohidratos Totales a Partir del Macromiceto Grifola Frondosa <i>Sandra Montoya; Óscar Julián Sánchez</i>	766
Perfil de Carotenoides y Contenido de Polifenoles del Pseudofruto de Marañón (Anacardium occidentale) <i>Neith A. Pacheco López e Ingrid Rodríguez- Buenfil</i>	768

La Curuba Larga (*Passiflora mollissima*): una Fruta con Potencial Quimiopreventivo

Banana Passion Fruit (Passiflora mollissima): a Fruit with Chemopreventive Potential

Diana Carolina Chaparro¹; María Elena Maldonado²; Luz Amparo Urango³; Benjamín Rojano⁴.

- 1 Estudiante de maestría. Universidad de Antioquia. Escuela de nutrición y dietética. E-mail: dikchaparro@gmail.com.
- 2 Profesora. Universidad de Antioquia. Escuela de Nutrición y Dietética. E-mail: mariaele@quimbaya.udea.edu.co
- 3 Profesora. Universidad de Antioquia. Escuela de Nutrición y Dietética.
- 4 Profesor. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Ciencias.

Resumen. Se evaluó en la curuba larga la capacidad antioxidante, el contenido de fitoquímicos y su efecto en la formación de focos de criptas aberrantes (FCA) en un modelo para cáncer colorrectal (CRC) in vivo. Se encontró inhibición de 56,36% del número de FCA comparados con el grupo control ($p > 0,05$); valor ORAC 20962.60 mg Trolox/100g; contenido de carotenoides y fenoles totales: 118.75 mg β caroteno/100g y 125.31 mg ácido gálico/100g respectivamente; la fruta es un posible alimento quimiopreventivo por su efecto en la formación de FCA.

Palabras claves: capacidad antioxidante, quimiopreención, cáncer colorrectal, fruta.

Abstract. Antioxidant capacity, phytochemical content, and its effect on the formation of aberrant crypt foci (AFC) using in vivo model for colorectal cancer (CRC) were evaluated in the banana passion fruit. An inhibition of 56.36% on the number of AFC was found compared with the control group ($p > 0.05$); an ORAC value of 20962.60 mg Trolox/100g; the total carotenoids and phenols content was 118.75 mg β carotene/100g y 125.31 mg galic acid/100g respectively. The fruit is a chemopreventive potential food for its effect on the formation of AFC.

Key words: antioxidant capacity, chemoprevention, colorectal cancer, fruit.

INTRODUCCIÓN

La curuba larga, fruta con escaso conocimiento sobre sus beneficios para la prevención del cáncer, puede ser comparable con el maracuyá (*Passiflora edulis*) del que se encontró actividad antiproliferativa de células de cáncer colorrectal (CRC) (Aguillón *et al.*, 2013). Por ello se evaluó en curuba larga la capacidad antioxidante, contenido de fitoquímicos y su efecto en la formación de focos de criptas aberrantes (FCA) en un modelo para CRC in vivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se utilizaron frutos maduros (NTC 1262), se liofilizaron y guardaron a -18°C .

Capacidad antioxidante. Se determinó valor ORAC (Areiza *et al.*, 2013).

Determinación de fenoles totales y carotenoides. Métodos colorimétricos con Folin-Ciocalteu y por extracción con acetona fría, respectivamente (Areiza *et al.*, 2013).

Animales de experimentación: se indujo CRC con azoximetano posterior al suministro de pulpa de curuba larga (0,07% - 0,26%) por diez semanas. Los FCA se visualizaron con microscopio luego de tinción con azul de metileno 2%.

Análisis estadístico. Los datos de FCA se analizaron con el programa R (versión 3.0.2) y son reportados como media + error estándar (ES).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Evaluación de FCA. La Tabla 1 muestra que la curuba disminuyó de manera dosis-dependiente la formación de FCA.

Tabla 1. Efecto de la curuba en la formación de focos de criptas aberrantes (FCA) en el colon distal de ratones inyectados con NaCl (control), con azoximetano (AOM) y ratones inyectados con AOM que recibieron curuba (CR).

Grupo	Tratamiento	# FCA/colon	% Inhibición
1	Control	0	-
2	AOM	68,75 \pm 5,42	-
3	0,07% CR + AOM	68,67 \pm 9,34	25,09%
4	0,13% CR + AOM	48,75 \pm 10,68	29,09%
5	0,26% CR + AOM	30,00 \pm 5,36*	56,36%
6	0,26% CR	0	-

* $p < 0,05$

Capacidad antioxidante y contenido de metabolitos.

El valor ORAC (20962,60 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$) fue mayor que el reportado por Rojano *et al.* (2012) (108164,90 $\mu\text{mol de Trolox}/100\text{g}$) del mismo fruto. El contenido de Fenoles totales fue 125,31 \pm 0,70 mg ácido gálico/100g y carotenoides 118,75 \pm 1,00 mg β caroteno/100g. El contenido de fenoles fue menor al reportado por Rojano *et al.* (2012) de la misma variedad, (5012,80 \pm 68,20 mg de ácido gálico/100g); mientras que el de carotenoides fue mayor al reportado por León (2012) (2,53 mg / 100g) para frutas peruanas.

CONCLUSIÓN

La curuba larga presenta capacidad antioxidante, y es capaz de inhibir la formación de FCA, lo que indica su potencial quimiopreventivo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguillón J., M. E. Maldonado, N. Loango, S.S. Arango and P. Landázuri. 2013. Antioxidant and antiproliferative activity of ethanolic and aqueous extracts of *Passiflora edulis*. *Perspectivas en Nutrición Humana* 15 (1): 13 – 25.
- Areiza-Mazo, N., M.E. Maldonado and B. Rojano. 2013. Extracto acuoso de uchuva (*Physalis peruviana*): actividades antiproliferativa, apoptótica y antioxidante. *Perspectivas en Nutrición Humana* 15(1): 41-55.
- Bird R.P. 1987. Observation and quantification of aberrant crypts in the murine colon treated with a colon carcinogen: preliminary findings. *Cancer Lett*; 37: 147–151.
- León C.Z. 2012. Determinación de vitamina C y carotenoides totales en el tumbo serrano (*Passiflora mollissima*). Tesis Ingeniería Química. Facultad de ingeniería química. Universidad Nacional del Callao. Perú. 52 p.
- Rojano B.A., K. Zapata K., F.B. Cortes. 2012. Capacidad atrapadora de radicales libres de *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey (curuba). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 17 (4):408-419.

Evaluación de Características Bioactivas y Estructurales en Polen Apícola y Pan de Abejas

Evaluation of Bioactive and Structural Characteristics in Bee-Pollen and Bee-Bread

Carlos M. Zuluaga D.¹, Marta C. Quicazán de C.²

¹ Ingeniero Químico, Ph.D. (c) Ingeniería Química. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA y Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. cmzuluagad@unal.edu.co

² Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia. mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. El polen es el principal recurso nutricional de las abejas, el cual los humanos sustraen de la colmena y emplean como alimento funcional; no obstante, estudios reportan la dificultad del sistema gastrointestinal humano para aprovechar sus componentes, debido a la rígida capa externa que posee el grano. Se sabe que, antes de consumirlo, las abejas en las colmenas inducen un bioproceso para convertirlo en un producto conocido como “pan de abejas”, el cual se considera que posee una mayor disponibilidad de nutrientes y bioactivos. Con el fin de determinar las bases para el desarrollo de procesos fundamentados en la obtención del pan de abejas, el objetivo fue establecer las diferencias entre el polen apícola y pan de abejas en cuanto al contenido de compuestos bioactivos, actividad antioxidante y estructura física. Se recolectaron 21 muestras de polen y 9 de pan de abejas originarias del Altiplano Cundiboyacense colombiano, siendo determinado el contenido de carotenoides totales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante (TEAC, FRAP). Las imágenes de las estructuras de los productos se obtuvieron por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

Los resultados mostraron que el polen apícola tuvo un mayor contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en comparación al pan de abejas. Las micrografías SEM mostraron la variación estructural de polen a pan de abejas causada por el proceso bioquímico sucedido en la colmena.

Palabras clave: Actividad antioxidante, FRAP, microscopía, TEAC.

Abstract. Bee-pollen is the main nutritional resource of bees, which humans collect and use as a functional food; however, studies have reported the difficulty of the human gastrointestinal system to assimilate those compounds, due to an outer layer highly resistant. It is known that, before consume pollen, bees induce a bioprocess in order to convert it into a product known as “bee-bread”, which is considered has a greater availability of nutrients and bioactives. With the aim of setting bases for the development of processes according to bee-bread obtainment, the objective has been to describe the differences between bee-pollen and bee-bread in bioactive compounds, antioxidant activity and

physical structure. 21 samples of bee-pollen and 9 of bee-bread from the Colombian Cundiboyacense Highland were collected and total carotenoids, phenolic compounds and antioxidant activity (TEAC, FRAP) were analyzed. Images of the structures of the products were obtained by Scanning Electron Microscopy (SEM). Results showed that bee-pollen had a higher content of bioactive compounds and antioxidant capacity compared to bee-bread. SEM micrographs showed the structural variation of bee-pollen to bee-bread caused by the biochemical process which occurs in the hive.

Key words: Antioxidant activity, FRAP, microscopy, TEAC.

INTRODUCCIÓN

El polen es una fuente nutricional importante para la supervivencia de la abeja. Por tal motivo, desde hace varios años también se ha empleado para el consumo humano debido a su contenido apreciable de proteínas y lípidos (Zuluaga, 2010). Por otra parte, el contenido considerable de carotenoides y compuestos fenólicos provee a este producto características funcionales. A pesar de esto, el polen posee una capa externa conocida como exina que provee rigidez al grano, con lo cual la disponibilidad de los componentes aprovechables por los seres humanos es limitada (Cook *et al.*, 2003).

En Colombia, a diferencia de otros países, posee un rendimiento promedio de 36 kg de polen/año/colmena, superior en comparación a países como España o Portugal que no superan los 10 kg/año/colmena (Martínez, 2006). En consideración, a pesar que el polen es un recurso alimenticio idóneo, se requiere del desarrollo de procesos a nivel industrial para generar valor en la cadena apícola. Se sabe que en las colmenas, las abejas inducen un bioproceso mediado por enzimas y bacterias ácido-lácticas que convierten el polen en un producto conocido como “pan de abejas”, que se considera posee una mayor disponibilidad al degradar la exina (Standifer *et al.*, 1980). El objetivo de este trabajo fue establecer de manera confiable

las diferencias entre el contenido de compuestos bioactivos de polen apícola y pan de abejas, y mostrar el efecto de la transformación bioquímica sobre la estructura física del grano a través de microscopía electrónica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En total, se recolectaron 21 muestras de polen apícola y 9 de pan de abejas originarias del Altiplano Cundiboyacense. Las muestras de pan de abejas fueron extraídas directamente de los panales, mientras el polen se tomó de trampas dispuestas para tal fin a la entrada de la colmena; todas las muestras fueron almacenadas bajo refrigeración hasta análisis. Las metodologías empleadas fueron las siguientes, partiendo de la preparación de un extracto etanólico empleando 1 g de polen en 100 mL de etanol: contenido total de carotenoides (Contreras, 2004) y fenoles (Stratil *et al.*, 2006), actividad antioxidante por TEAC (Brand-Williams *et al.*, 1995) y FRAP (Benzie and Strain, 1996). Por otra parte, las micrografías por SEM fueron obtenidas empleando un microscopio electrónico Quanta 200 (FEI, Estados Unidos). Los datos fueron analizados estadísticamente a través de una prueba *t-student* con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados de parámetros bioactivos y en la Figura 1 se muestran las micrografías por SEM. Se observa que el polen apícola presentó mayor contenido de fenoles y carotenoides totales que el pan de abejas; no obstante, es importante destacar la alta variabilidad en los resultados, lo cual, además de ser un indicador de múltiples fuentes botánicas, podría sugerir diferentes estados de avance del bioproceso en las celdas muestreadas. En lo que respecta a la capacidad antioxidante, los resultados son contrastantes; mientras no hay diferencia significativa en la actividad FRAP, sí se encuentra diferencia por ABTS; de cualquier modo, los resultados mostraron una tendencia hacia una mayor actividad antioxidante del polen apícola.

Tabla 1. Resultados de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de polen apícola y pan de abejas. Reporte en base seca.

	Fenoles totales mg ácido gálico/g	Carotenoides totales mg β-caroteno/kg	FRAP mmol Trolox/g	ABTS mmol Trolox /g
Polen apícola	14,102 ± 4,188	1239,166 ± 831,938	0,080 ± 0,016	0,078 ± 0,030
Pan de abejas	9,812 ± 4,546	290,091 ± 288,609	0,066 ± 0,044	0,054 ± 0,027
Valor p	< 0,01	< 0,01	0,126	< 0,01

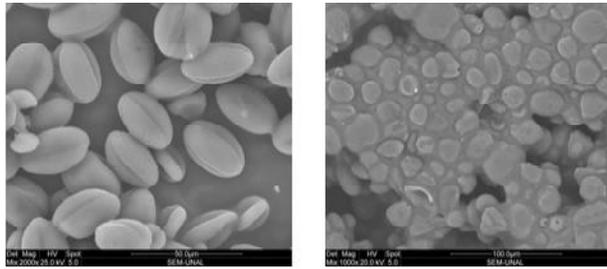


Figura 1. Micrografías de polen apícola (izquierda) y pan de abejas (derecha) obtenidas por SEM.

Por otra parte, en las micrografías por SEM es posible observar la estructura granular del polen apícola y la capa externa que contiene el grano; entre tanto, en el pan de abejas se observa la degradación alcanzada, perdiendo en cierto modo la forma definida que se encontraba en el polen, siendo evidente la acción ejercida por microorganismos y enzimas en el bioproceso.

CONCLUSIÓN

El polen apícola mostró un mayor contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante que el pan de abejas. La reducción en estos parámetros puede deberse a la degradación de la capa externa de polen en el proceso de conversión a pan de abejas. Estos procesos bioquímicos pueden liberar aminoácidos que presentan actividad antioxidante quedando más disponibles, y siendo susceptibles a su degradación. Las micrografías por SEM evidenciaron la modificación de la estructura del polen para convertirse en pan de abejas. Estos son los primeros resultados en los que se describen las propiedades del pan de abejas; no obstante, la variabilidad en los datos requiere que haya una exploración más profunda de los fenómenos ocurridos en la colmena.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS y a las empresas Apiario los Cerezos y Apiarios El Pinar.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzie, F. and J. Strain. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70–76.
- Brand-Williams, W., M. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28(1): 25–30.
- Contreras-Villar, O.H. 2004. Relación entre el contenido de caroteno, color y características botánicas del polen corbicular. Tesis en Ingeniería de Alimentos. Universidad Austral de Chile, Santiago. 102 p.
- Cook, S., C. Awmack, D. Murray and I. Williams. 2003. Are honey bees' foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecological Entomology* 28(5): 622–627.
- Martínez, T. 2006. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Bogotá D.C. 121 p.
- Standifer, L., W. McCaughey, S. Dixon, M. Gilliam and G. Loper. 1980. Biochemistry and microbiology of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from almond, prunus dulcis. *Apidologie* 11(2): 163–171.
- Stratil, P., B. Klejduš, and V. Kubán. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables - evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(3): 607–616.
- Zuluaga-Domínguez, C.M.. 2010. Análisis quimiométrico para diferenciar la huella digital de los productos de las abejas en Colombia. Tesis Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 246 p.

Pigmentación de la Yema de Huevo de Gallinas Criollas Alimentadas con Harina Integral de Zapallo

Egg Yolk Pigmentation of Creole Hens Fed with Butternut Squash Flour

Cristian Camilo Ubaque Pinzón¹, Jorge Luis Luna Meléndez²,
Ginna Alejandra Ordoñez Narváez³, Sanín Ortiz Grisale⁴ y Franco Alirio Vallejo Cabrera⁵.

¹ Zootecnista. Candidato a M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle del Cauca. ccubaquep@unal.edu.co.

² Ing. Agroindustrial. Candidato a M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle del Cauca.

³ Ing. Agroindustrial. Candidata a M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle del Cauca.

⁴ Zootecnista, PhD. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. sortizg@unal.edu.co.

⁵ Ing. Agrónomo, PhD. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Resumen. Un total de 60 gallinas criollas fueron alojadas durante 30 días, bajo un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos con tres repeticiones de cinco individuos, con el fin de evaluar la inclusión de harina integral de zapallo (HIZ) en un 0, 5, 15 y 30% como pigmento de la yema de huevo. Para esto se utilizaron 18 muestras de yema de cada uno de los tratamientos, las cuales fueron sometidas a liofilización para su posterior análisis de contenido de carotenos totales. Los mejores resultados fueron obtenidos por los individuos alimentados con raciones con un 30% de HIZ, cuyas muestras obtuvieron un contenido de carotenos totales significativamente mayor a los demás tratamientos.

Palabras clave: Carotenos Totales, *Cucurbita moschata*.

Abstract. A total of 60 creole hens rear for 30 days, distributed in a completely randomized design with four treatments with three replicates of five individuals, to evaluate the inclusion of butternut squash flour (HIZ) in 0, 5, 15, 30% as a pigment of egg. For this purpose, 18 yolk samples from each treatment were used, which were subjected to freeze drying for subsequent analysis of total carotenenes content. The best results were obtained in rations with 30% of HIZ, whose samples obtained total carotene content significantly higher than the other treatments.

Key words: Total Carotenoids, *Cucurbita moschata*.

INTRODUCCIÓN

En buena proporción, los consumidores de huevo de gallina asocian el color de la yema de huevo al valor nutritivo y estado de salud de las aves; sin embargo, los elevados costos de pigmentos tradicionales utilizados para un buen color de la yema de los huevos de consumo, restringen su uso y plantea

la necesidad de buscar fuentes alternativas de los pigmentos conocidos (Rodríguez *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior se propone la utilización de un recurso local de importancia para el país, el zapallo *Cucurbita moschata*, por su demanda en el consumo, volumen de producción, calidad nutricional (Vallejo y Estrada, 2004) y fuente natural de pigmentos (Ortiz, *et al.*, 2008).

Específicamente se consideró la HIZ de la variedad Unapal Abanico 75 como materia prima, debido a su alto contenido de materia seca en fruto, que lo hace idóneo para su utilización en la Agroindustria de Alimentos Balanceados para Animales (Baena *et al.*, 2010), con el fin de evaluar esta materia prima como pigmento de la yema de huevo en la nutrición de aves criollas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron evaluados 4 tratamientos (T0: Testigo Comercial, T1: Testigo comercial con un 5% de HIZ, T2: Testigo comercial con un 15% de HIZ, T3: Testigo comercial con un 30% de HIZ). Cada uno con 3 repeticiones de 5 aves, equivalentes a 60 aves evaluadas durante 30 días de su ciclo de postura, donde fue realizada la recolección de huevos para su posterior análisis.

Se obtuvieron 72 muestras de yema de huevo, 18 por tratamiento, las cuales fueron sometidas a liofilización en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A partir de ellas se realizó un análisis de contenido de carotenos totales en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, teniendo en cuenta el protocolo de Rodríguez y Amaya (1997), donde a partir de 0,1 g de muestra, se realiza la extracción de carotenos

por medio de la adición de acetona y éter de petróleo como reactivos, durante varios ciclos de agitación y centrifugación; limpiando el sobrenadante con agua destilada y solución de NaOH al 0.1 mol. Por último se mide la absorbancia de la extracción en un espectrofotómetro a 450 nm,

Los datos obtenidos fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANDEVA) bajo un diseño completamente al azar y una comparación de medias por Duncan (5%) utilizando como herramienta el software SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados arrojados por el análisis estadístico de los datos de carotenos totales de las yemas de huevo. A partir de estos se puede decir que el T3 obtuvo el mejor promedio, sin embargo no obtuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) con el T2. Además, se observa que el T0 obtuvo el promedio más bajo con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 1. Contenidos de carotenos totales en la yema de huevo de aves alimentadas con HIZ

Variable	Unidad	Tratamiento			
		T0	T1	T2	T3
CT Carotenos Totales	$\mu\text{g/g}$	31.162 \pm 3,044c	47,572 \pm 4,877b	72.115 \pm 3,798a	74.150 \pm 2,689a

Letras distintas entre promedios en cada fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Estos resultados se deben al aporte significativo de carotenoides proveniente del zapallo, especialmente en la especie utilizada, *Cucurbita moschata*, en la cual se ha reportado un contenido de carotenos totales que oscila entre 234,21 $\mu\text{g/g}$ y 404,98 $\mu\text{g/g}$ (Jaeger *et al.*, 2012). Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los datos de referencia estándar de la USDA (2005), en los cuales se reporta un contenido de carotenoides totales para la yema de huevo seca de 21 $\mu\text{g/g}$, se puede observar que las aves alimentadas con HIZ doblaron este valor y en el mejor de los casos fue triplicado. Estos resultados son de vital importancia debido al actual interés en estos compuestos, al representar una fuente de provitamina A, que genera una actividad antioxidante en la célula, produciendo una neutralización de las moléculas reactivas de oxígeno y nitrógeno que se encuentran libres como producto del metabolismo celular (Carranco *et al.*, 2011) e incrementa la respuesta inmune, por lo que a su vez se asocian con la prevención del desarrollo de enfermedades como el cáncer, arterioesclerosis, cataratas, envejecimiento prematuro, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Murkovic *et al.*,

2002). Su deficiencia dietética es un problema que afecta a nivel mundial, por lo que se ha buscado suplementar alimentos con estos carotenoides (Sánchez *et al.*, 1999) lo que indica que la HIZ puede ser utilizada de forma indirecta a través de la yema de huevo de aves alimentadas con la misma.

CONCLUSIÓN

Se concluye que tanto una inclusión del 15% como la de un 30% de HIZ en la alimentación de aves criollas, incrementa hasta tres veces la concentración de carotenos totales de la yema de huevo, lo que incrementa la calidad nutricional del producto, haciéndolo más saludable y llamativo para el público.

BIBLIOGRAFÍA

- Baena, D., S. Ortiz, M.P. Valdés, E.I. Estrada y F.A. Vallejo. 2010. UNAPAL – Abanico 75: nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca en el fruto para fines agroindustriales. *Acta agronómica* 59. (3): 285 – 292.
- Carranco, M.E., M.C. Calvo, F. Pérez – Gil. 2011. Carotenoides y su función antioxidante: revisión. *Archivos Latinoamericanos de nutrición* 61 (3): 233 – 241.
- Jaeger, L.M., P. Barros, R.L. De Oliveira, S. Pacheco, P.H. Fernandez, J.L. Viana, N. Regini, A.C. Lima, A.C. Rodrigues, y S.R. Ramalho. 2012. Total carotenoid content, α – carotene and β – carotene of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. *Food Research International* 47 (2): 337 – 340.
- Murkovic, M., U. Mülleder, H. Neunteufl. 2002. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 633 – 638.
- Ortiz, S., L.J. Sánchez, M.P. Valdés, D. Baena y F.A. Vallejo. 2008. Retención de caroteno total en fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch condicionado por osmodeshidratación y secado. *Acta Agron.* 57 (4): 269 – 274.
- Rodríguez, I., E. Campos, Y. Delgado, A. Torres y D. Osechas. 2006. Efectos pigmentantes de la *Leucaena* y *Lemna* en la yema de huevos de gallinas ponedoras. *Biblioteca Aquiles Nazoa*. Universidad de los Andes. NURR. Trujillo-Venezuela.
- Rodríguez-Amaya, D.B. 1997. Carotenoides y Preparación de Alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados. *Faculdde de Engenharia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas*. Brasil. 105 p.
- Sánchez, A., L.B. Flores, E. Langley, R. Marín, G. Maldonado y S. Sánchez. 1999. Carotenoides: estructura, función, biosíntesis, regulación y aplicaciones. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 41: 175 – 191.
- United States. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA). 2005. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 15. Nutrient Data Laboratory Home Page. Base de datos Acces. En: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. Consulta: Septiembre 25 de 2012.
- Vallejo, F.A. y I. Estrada. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. *Universidad Nacional de Colombia*. Palmira, Colombia. 191 p.

Gelatina Probiótica de Lactosuero con Bacterias Ácido Lácticas Aisladas del Pozol Fermentado Chiapaneco

Gelatin Probiotic of Whey with Lactic Acid Bacteria Isolated of Fermented Pozol from Chiapas

Juan Nelvin Castillo-Rui ², Isauro Mauricio García-Guillén²,
Leví Saúl Ortiz-Rubín ³, Gilber Vela-Gutiérrez ¹ y Erika Judith López-Zúñiga¹

¹ Profesor de Tiempo Completo-Investigador, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach). Lib. Nte. Pte. 1150. CP. 29000. Ciudad Universitaria. Col. Lajas Maciel. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México
E-mail: erikajudith2002@yahoo.com.mx, gilber.vela@unicach.mx

² Licenciado en Alimentos, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

³ Ingeniería Bioquímica, MSc. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos Instituto Tecnológico de Veracruz, México

Resumen. El objetivo de la presente investigación fue aislar Bacterias Ácido Lácticas (BAL) de pozol fermentado para elaborar con lactosuero una gelatina probiótica sensorialmente aceptable. Se aislaron colonias de *Lactobacillus* de pozol blanco fermentado y con cacao (bebida típica de la cultura Zoque) de Tuxtla Gutiérrez Chiapas México, utilizando agar MRS (Difco®). A las BAL se les realizó pruebas de tinción de gram, resistencia a cambios de pH (4, 5, 6 y 7) y temperatura (28, 37 y 43°C), y capacidad fermentativa. Se determinó el pH, acidez y las ufc/mL en la bebida fermentada. Se seleccionaron las cepas que correspondían al género *Lactobacillus*, para elaborar la bebida fermentada a partir de suero lácteo, que se usó para elaborar la gelatina. El tiempo de fermentación duró 36 h, alcanzándose un pH aproximado a 4,0-3,375 g/L de ácido láctico y 12X10⁶ ufc/mL de BAL, parámetros requeridos por la Norma Oficial Mexicana para considerarse como bebida probiótica. Se observó evidencias significativas ($p < 0.01$) en el nivel de agrado de los jueces que evaluaron los atributos de textura, consistencia, sabor y aroma en la gelatina.

Palabras clave: Suero lácteo, alimento funcional, *Lactobacillus*, sensorialmente aceptable.

Abstract. The objective of this work was to isolate lactic acid bacteria (LAB) from fermented pozol to develop with whey a probiotic gelatin sensorially acceptable. Colonies of *Lactobacillus* were isolated from fermented white pozol and with cocoa (typical drink of the Zoque culture) of Tuxtla Gutiérrez Chiapas Mexico, using MRS agar (Difco®). Isolated LAB were tested for Gram stain, resistance to changes in pH (4, 5, 6 and 7) and temperature (28, 37 and 43°C), and fermentative capacity. In the fermented beverage pH, acidity and cfu/ml were determined. Strains belonged to the genus *Lactobacillus* to make the fermented beverage from whey, which was used for the preparation of gelatin, were selected.

The fermentation time of the drink lasted 36 h, reaching a pH of approximately 4,0-3,375 g/mL of lactic acid and 12X10⁶ cfu/mL of LAB, parameters requested by the Mexican Official Statement to be considered a probiotic drink. Significant evidence ($p < 0.01$) was observed in the preference level of the judges who evaluated the texture, consistency, flavor and aroma on gelatin.

Key words: whey, functional foods, *Lactobacillus*, acceptable sensorially.

INTRODUCCIÓN

En el 2009, en Chiapas se produjeron alrededor de 370.72 millones de litros leche (SIAP, 2014). De ésta, casi el 39% se utilizó para la elaboración de quesos (aprox. 126 millones de litros), desechándose alrededor de 113.4 millones de lactosuero (Vela-Gutiérrez *et al.*, 2012). De acuerdo a la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2005), la producción de lactosuero en México ha pasado de 249 mil toneladas en 1961 a 709 mil toneladas en el año 2000. El lactosuero es rico en proteínas, que en México, como sucede en otros países en desarrollo, no se aprovecha en forma eficiente (Vela-Gutiérrez *et al.*, 2013). De acuerdo a datos de la producción de lactosuero en Chiapas, y a su contenido de proteínas cerca del 1%, anualmente se desechan casi 1.13 millones de kilogramos de proteína de buena calidad (Vela-Gutiérrez *et al.*, 2012), que pueden ser utilizados en la formulación de alimentos. El objetivo de la presente investigación fue aislar BAL de pozol fermentado para elaborar una gelatina probiótica con lactosuero sensorialmente aceptable sabor a café, esta investigación forma parte del proyecto "Utilización de suero de leche para la elaboración de alimentos altamente nutritivos y funcionales" que se desarrolla en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas desde el 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron dos muestras de pozol fermentado blanco y dos con cacao, procedentes de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. El pozol se elaboró de acuerdo a la tradición de la Cultura "ZOQUE", situada en Chiapas. Se tomó 10 g de cada muestra y se diluyó (Dilución 1:10), se realizaron diluciones hasta 1:100000, un mL de cada dilución se inoculó por vaciado en placa en agar MRS (Difco®), incubándose a 37°C por 48 horas. Se tomaron colonias aisladas cuya morfología correspondía al género *Lactobacillus*, se cultivaron en placas petri con agar MRS bajo las condiciones ya descritas; se les realizó pruebas de tinción de gram, resistencia a cambios de pH (4, 5, 6 y 7) y temperatura (28, 37 y 43°C), capacidad fermentativa. Las colonias con características típicas de BAL se subcultivaron en tubos con agar MRS para su conservación. Se colocó en un matraz erlenmeyer 250 mL de lactosuero (donado por la empresa Lácteos de Chiapas S. A), pasteurizado (pH 6.5), y se inoculó con 10% (v/v) de las BAL aisladas (crecidas en caldo MRS previamente), se incubó a 37°C por 36 horas. Se monitoreó el pH a cada cuatro horas (potenciómetro HANNA®, modelo PH209, Rumania), la cantidad de ufc/mL en la bebida a las 24, 28, 32 y 36 horas (NOM-086-SSA1-1994) y la cantidad de ácido láctico en la bebida al final de la fermentación (NOM-155-SCFI-2003). Para elaborar la gelatina, se tomaron 500 mL de la bebida fermentada, se adicionó 50 mL de extracto de café orgánico y 30 g de grenetina (diluida en suero lácteo a 45°C), se evaluaron sensorialmente los atributos de textura, consistencia, sabor y aroma utilizando un grupo de jueces no entrenados; estos resultados se analizaron mediante ji-cuadrado y estadística binomial ($p < 0.05$), utilizando el paquete estadístico de Minitab®, versión 14.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las colonias aisladas, únicamente las de pozol blanco, presentaron características típicas de BAL (mofológicas y gram+) (Figura 1), de acuerdo a las pruebas *in vitro* para probióticos realizadas, éstas mostraron resistencia a los cambios de temperatura y de pH; por lo que se utilizaron en la elaboración de la bebida. La cantidad de *Lactobacillus* presente en la bebida fermentada fue de 12×10^7 ufc/mL, valor superior a lo establecido por la NOM-181-SCFI-2010 para ser considerada como una bebida probiótica (10^6 ufc/g). Se requirieron 36 horas de fermentación para alcanzar el número de ufc/mL y un pH ca. 4.0. Resultados similares de pH y tiempo de fermentación reportaron Vela-Gutiérrez *et al.*, (2012), en una bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almendras sensorialmente aceptable en adultos mayores. De acuerdo a las curvas de crecimiento

y de fermentación en suero lácteo durante 30 h, se observó un contenido de biomasa de 0.0402 g/L y 3.375 g/mL de ácido láctico (parámetros son típicos de las bebidas lácteas fermentadas). En la Tabla 1, se presentan los resultados de los atributos evaluados sensorialmente. El análisis de ji-cuadrado realizado, arrojó que existen evidencias significativas ($p < 0.01$) en el número de personas (jueces) a los que les agrado la gelatina. El análisis de estadística binomial, indica para tres atributos (textura, consistencia y aroma) una probabilidad de agrado del 99.9%, mientras que el sabor presentó un 99.5%, lo que indica evidencias estadísticas suficientes del alto grado de aceptabilidad del producto hacia los jueces ($p < 0.005$). La pequeña diferencia percibida en el sabor por los jueces, probablemente se debe a la presencia de lactosuero en el producto, que es el componente principal en la formulación y el que le atribuye un sabor ligeramente ácido, aún cuando la adición de café le provee de un aroma particular. Sin embargo, a pesar de esta reducción en el nivel de agrado en el sabor, los cuatro atributos son estadísticamente significativos y de alto impacto en los jueces.



Figura 1. Colonias de *Lactobacillus* en agar MRS aisladas de pozol fermentado Chiapaneco (izquierdo) y bacterias gram(+) provenientes de las colonias aisladas del pozol (derecho).

Tabla 1. Resultados de la evaluación sensorial de la gelatina probiótica.

Agrado	Textura	Consistencia	Sabor	Aroma
Me gusta	22 ^a	21 ^a	17 ^a	20 ^a
Ni me gusta ni me disgusta	1 ^b	1 ^b	6 ^b	0 ^b
Me disgusta	0 ^b	1 ^b	0 ^c	3 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (ji-cuadrado, $p < 0.01$).

CONCLUSIONES

La cantidad de BAL (12×10^7 UFC/mL) presentes en la bebida fermentada permiten considerar la gelatina como probiótica (NOM-086-SSA1-1994). La presencia de péptidos bioactivos en el lactosuero (datos no presentados) y el ácido láctico

producido en la fermentación le confieren propiedades funcionales. Las características nutricionales que posee, además del alto grado de aceptabilidad presentado, hacen que el producto sea altamente viable para su consumo, principalmente en jóvenes que requieren de un alto aporte de proteínas de buena calidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los técnicos académicos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos por su apoyo; así como a la Fundación Produce Chiapas, A. C. por la aportación de recursos económicos para su desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

FAO. 2005. Base de datos FAOSTAT. Disponible en www.fao.org. Consulta: 15 de Diciembre de 2013.
NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. especificaciones nutrimentales. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>.

Consulta: 10 de febrero de 2014.

NOM-155-SCFI-2003. Norma Oficial Mexicana Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2007/CDAgropecuaria/pdf/83NOM.pdf>. Consulta: 20 de febrero de 2014.

NOM-181-SCFI-2010. Norma Oficial Mexicana para yogurt. Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5167303&fecha=16/11/2010. Consulta: 25 de febrero de 2014.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Consulta: 20 de febrero de 2014.

Vela-Gutiérrez, G., M. Castro, A. Caballero y E.J. Ballinas. 2012. Bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almendras sensorialmente aceptable en adultos mayores. *ReCiTeIA*. 11(2): 10-20

Propiedades Funcionales de un Queso de Pasta Hilada Semigrasocon Adición de Dextrano.

Functional Properties of a Half-fat Pasta Filata Cheese With Dextran Addition.

Andrea Carolina Castro¹; Néstor Algecira²; Carlos Novoa³ y Gustavo Buitrago⁴.

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

¹ Posgrado en ciencia y tecnología de alimentos. anccastrova@unal.edu.co

² Facultad de Ingeniería. nalgecira@unal.edu.co

³ Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. cfnovoa@unal.edu.co

⁴ Instituto de Biotecnología. gbuitragoh@unal.edu.co

Resumen. La disminución de grasa en quesos puede alterar su funcionalidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la funcionalidad de queso de pasta hilada semigraso adicionado con dextrano. Los quesos fueron elaborados con 2 niveles de grasa y 5 concentraciones de dextrano. Se determinó la capacidad de fusión, liberación de aceite y tajabilidad de los quesos. Concentraciones mayores a 1,50% de dextrano mejoraron la capacidad de fusión, incrementaron levemente la liberación de aceite, disminuyeron la fuerza de corte, mientras que no ejercieron efecto significativo sobre el pardeamiento. Los resultados obtenidos muestran que el dextrano actuaría como sustituto de grasa, con efectos positivos sobre algunas propiedades funcionales.

Palabras clave: Capacidad de fusión y flujo, liberación de aceite, pardeamiento, tajabilidad.

Abstract. Decreasing fat in cheese can modify its functionality. The aim of this study was to evaluate functionality of half-

fat pasta filata cheese with dextran addition. Cheeses were made with 2 fat levels and 5 dextran concentrations. Meltability, oiling-off and sliceability were determined. Dextran concentrations greater than 1.50% improved meltability, increased mildly oiling-off, reduced cutting force, while did not have a significant effect on browning. The results showed that dextran would act as a fat substitute, with positive effects on some functional properties.

Key words: Meltability, oiling-off, browning, sliceability

INTRODUCCIÓN

El queso doble crema es un queso de pasta hilada, reconocido en Colombia por su sabor y uso como ingrediente en diferentes preparaciones como pizzas, sándwiches y pastas; debido a sus propiedades funcionales o desempeño antes y después del calentamiento (rallabilidad, tajabilidad, capacidad de fusión y flujo, elasticidad, etc.) (Ramírez, 2010).

La creciente demanda de quesos bajos en grasa, ha llevado a la industria al desarrollo de nuevos productos. Sin embargo, la disminución de grasa en quesos, genera modificaciones en el sabor, textura, rendimiento y propiedades funcionales, entre otros (Noronha *et al.*, 2008), (Cooke *et al.*, 2013), (Kavas *et al.*, 2004).

Esta investigación fue realizada con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de un dextrano sobre las propiedades funcionales de un queso de pasta hilada semigraso, buscando un desempeño similar al queso tradicional.

MATERIALES Y METODOS

Elaboración de queso de pasta hilada. Se empleó leche de ganado bovino, pasteurizada y sometida a acidificación. Durante el hilado, se adicionó sal y una solución de dextrano. El dextrano fue producido en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá (Soler y Buitrago, 2013).

Diseño experimental. Se utilizó un DCA con arreglo factorial 2x5, evaluando la concentración de grasa en leche (1 y 2% p/p) y de dextrano (0,00; 0,75; 1,50; 3,00 y 4,50% p/p). Las formulaciones se realizaron por triplicado y se compararon con un queso graso.

Evaluación de propiedades funcionales. Para determinar la capacidad de fusión, se empleó el test modificado de Schreiber, con discos de queso (20x4mm) en cajas de Petri a 110°C por 15min, se registró el diámetro fundido. La capacidad de fusión fue expresada como porcentaje de incremento en diámetro (Cooke *et al.*, 2013). La liberación de aceite se determinó en discos de queso (13x20mm) a 110°C por 5min, sobre un papel filtro, midiendo el % de aceite liberado (Gunasekaran, 2008).

El pardeamiento se evaluó mediante análisis colorimétrico instrumental de muestras de queso sobre pizzas de 9cm de diámetro y 1cm de espesor, horneadas a 310°C por 3min. (Ramírez, 2010). La tajabilidad fue determinada como fuerza de corte, en muestras de 28x15x10mm, mediante un texturómetro TA-XT2 con una cuchilla de extremo plano (TA-42) (Ramírez, 2010).

Análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($p < 0,05$), empleando el paquete SAS 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de fusión y flujo. La disminución de grasa afectó la fusión de los quesos. La adición de dextrano en concentraciones mayores a 1,50% incrementó la capacidad de fusión, incluso a valores cercanos al queso graso (Figura 1).

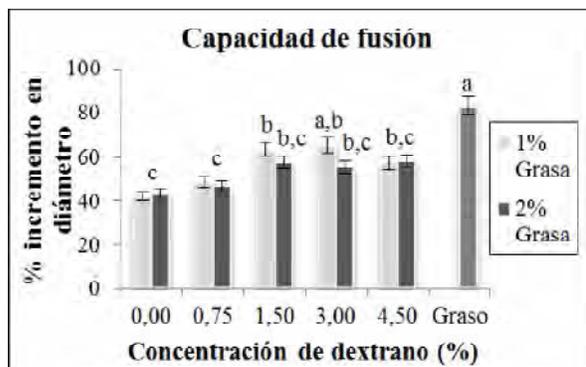


Figura 1. Porcentaje de incremento en diámetro, de quesos de pasta hilada semigrasos con inclusión de dextrano. Letras diferentes indican diferencia significativa $p < 0,05$.

Los efectos positivos encontrados, concuerdan con lo atribuido a algunos sustitutos de grasa tipo carbohidrato y proteína, los cuales pueden incrementar el contenido de humedad y expandir la matriz de caseína, lubricando la estructura del queso y facilitando su fusión y flujo (Cooke *et al.*, 2013).

Liberación de aceite. Esta propiedad disminuyó notablemente con la reducción del contenido de grasa. La adición de dextrano incrementó levemente el porcentaje de aceite liberado (Figura 2). Aunque la liberación de aceite es deseable en algunos alimentos horneados, un exceso sobre la superficie, podría generar un aspecto poco agradable.

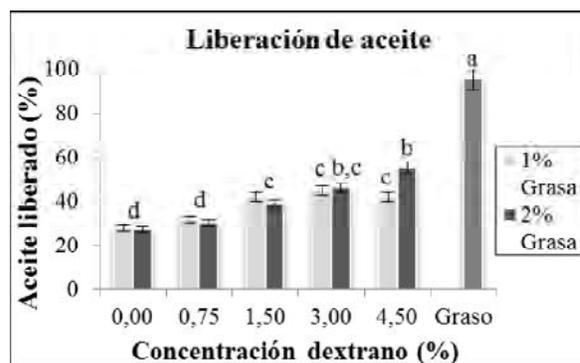


Figura 2. Aceite liberado (%) en quesos de pasta hilada semigrasos adicionados con dextrano. Letras diferentes indican diferencia significativa $p < 0,05$.

Esta propiedad está relacionada con la capacidad de fusión de los quesos. La capa de aceite formada, evita la evaporación de agua, evitando una agregación extensiva de la matriz proteica y por tanto permitiendo un mayor flujo (Kim *et al.*, 2011).

Pardeamiento. El brillo de las pizzas incrementó significativamente con la adición de dextrano (Tabla 1). Este fenómeno, podría estar relacionado con el incremento

del contenido de humedad y la interrupción de la matriz de para-caseína en los quesos con dextrano, haciendo que la red proteica sea menos densa, dando una mayor claridad a la estructura (Cooke *et al.*, 2013).

La intensidad de amarillo (coordenadas b*) disminuyó a mayor concentración de dextrano; mientras que las coordenadas a* correspondieron a una tonalidad verdosa (Tabla 1). Las diferencias encontradas frente al queso graso, pueden ser atribuidas a un efecto del contenido de grasa, más que al pardeamiento de las muestras.

Tabla 1. Pardeamiento de queso de pasta hilada semigraso con adición de dextrano después.

Grasa	Dextrano (%)	L	a*	b*
1%	0,00	70,99±0,20c	1,03±0,08 ^a	27,33±0,19d
	0,75	73,60±0,48a	0,79±0,20b	27,68±0,48d
	1,50	74,41±0,37a	0,68±0,13b	26,52±0,63c
	3,00	73,74±0,80a	0,78±0,41b	25,83±0,25b
	4,50	74,10±0,44a	0,56±0,10c	25,27±0,37b
2%	0,00	71,04±0,42c	0,82±0,20 ^a	27,82±0,30d
	0,75	72,53±0,59b	0,93±0,38 ^a	26,59±0,56c
	1,50	73,41±0,19 ^{a,b}	0,59±0,25c	24,52±0,20 ^a
	3,00	73,52±0,17 ^{a,b}	0,38±0,03d	24,22±0,20 ^a
	4,50	74,67±0,60a	0,61±0,18c	24,05±0,29 ^a
Graso	0,00	74,71±0,49a	1,18±0,17e	29,91±0,47e

Letras diferentes indican diferencia significativa. $p < 0,05$.

Tajabilidad. La adición de dextrano disminuyó significativamente la fuerza de corte (ver Figura 3).

La disminución de grasa incrementó la dureza, disminuyendo la flexión durante el corte y aumentando la rotura y desmenuzados. El uso de dextrano, mejoró la flexibilidad, permitiendo un corte limpio, sin fracturas en los bordes.

CONCLUSIÓN

El uso de un dextrano como sustituto de grasa en queso de pasta hilada semigraso, incrementó la capacidad de fusión, liberación de aceite y disminuyó la fuerza de corte. El mejoramiento de las propiedades funcionales, permitiría el uso de este queso como ingrediente, de manera similar al tradicional.

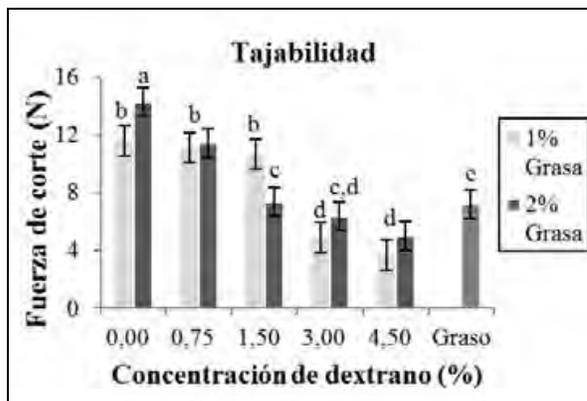


Figura 3. Fuerza de corte (N) de queso de pasta hilada semigraso adicionado con dextrano. Letras diferentes indican diferencia significativa $p < 0,05$.

BIBLIOGRAFIA

- Cooke, D.R., A. Khosrowshahi and P.L.H. Mcsweeney. 2013. Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat Cheddar cheese. *Dairy Science and Technology* 93: 45-62.
- Gunasekaran, S. 2008. Chapter 19: Quality Evaluation of Cheese. pp. 453-454. En: Da-Wen, S. (ed.) *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. First edition. Academic Press, Burlington, USA. 583p
- Kavas, G., G. Oysun, O. Kinik and H. Uysal. 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry*, 88: 381-388.
- Kim S., S. Lim and S. Gunasekaran. 2011. Protein interactions in reduced-fat and full-fat Cheddar cheeses during melting. *Food Science and Technology*, 44 (2): 582-587.
- Noronha, N., E. Duggan, G.R. Ziegler, E.D. O'riordan and M. O'sullivan. 2008. Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*, 22 (8): 1612-1621.
- Ramírez, J.S. 2010. Propiedades funcionales de los quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 64: 40-46.
- Ramírez, J. S. 2010. Propiedades Funcionales de los Quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada. *ReCiTeIA*, 10 (2): 1-28.
- Soler, A. y G. Buitrago. 2010. Evaluación de la transferencia de Oxígeno en un sistema de fermentación con aireación externa. *Revista Colombiana de biotecnología* 12(2):124-138

Efecto del Mucilago de Nopal (*Opuntia ficus indica*) en el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* Encapsulado

Effect of the Mucilage of Nopal (*Opuntia ficus indica*) in the Growth of *Lactobacillus delbrueckii* Encapsulated

Castro-Diana¹, David Simental¹, Yáñez Jorge¹

¹ Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI), Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, D.F. castrodiana182@gmail.com; jyanezfe@ipn.mx

Resumen. Los microorganismos empleados como probióticos requieren que sus características de funcionalidad y viabilidad se conserven para permitir que cumplan su función específica, por tal razón en el presente estudio se evaluó el efecto prebiótico del mucilago de nopal para generar el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* encapsulado en CaCl₂ al 0,05M. Se evaluaron tres concentraciones de mucilago en el medio 5, 10 y 15%, observándose un buen crecimiento cuando se emplea 5% de mucilago. Los resultados indican que el mucilago promueve el crecimiento de bacterias ácidos lácticas, en este caso de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*.

Palabras claves: prebiótico, láctico, probiótica.

Abstract. The microorganisms used as probiotics require that their features of viability and functionality are retained to allow fulfill their specific function, for this reason in the present study the prebiotic effect of nopal mucilage was evaluated to generate the growth of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* encapsulated in 0.05M of CaCl₂. Three concentrations of mucilage in the medium (5, 10, and 15%) were evaluated, obtaining a good growth when is used 5% of mucilage. The results indicate that the mucilage can generate the growth of lactic acid bacteria, in this case of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*.

Keywords: prebiotic, lactic, probiotic.

INTRODUCCIÓN

Los probióticos son microorganismos que cuando son ingeridos, tienen efectos benéficos en la salud y son de gran utilidad para el tratamiento de enfermedades (Feleszko *et al.*, 2013; Vieira *et al.*, 2013). El crecimiento de este tipo de bacterias se ve estimulado por prebióticos, definidos como ingredientes alimenticios no digeribles, generalmente son compuestos que se caracterizan por ser moléculas de gran tamaño, que no pueden ser degradadas por las enzimas digestivas (Whelan, 2013). Actualmente los oligosacáridos más empleados por su actividad prebiótica se encuentran los fructanos (inulina, oligofructosa y polidextrosa), galacto-oligosacáridos, rafinosa, estaquiosa y verbascosa (Vilet *et al.*, 2014). Específicamente,

los prebióticos promueven la proliferación de las bifidobacterias en el colon y ayudan a promover hasta cierto punto la proliferación de *Lactobacillus* en el intestino delgado (Gbassi *et al.*, 2012). El nopal es una planta nativa del continente americano, se caracteriza por su adaptación a medios áridos y pobres en nutrientes. De esta planta se extrae el mucilago, un polímero lineal compuesto por polisacáridos emparentados con las pectinas (Sàenz, *et al.*, 2004; Abraján 2008). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del mucilago de nopal sobre el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* encapsulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó la cepa *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* NRRL-B-548. El nopal cambray fresco (*Opuntia ficus indica*), obtenido de un mercado municipal de la ciudad de México, se extrajo el mucilago con un extractor Tur Mix, posteriormente este jugo se filtró y prensó para eliminar los sólidos, finalmente se esterilizó el mucilago en autoclave 121°C/15 min. La encapsulación de *Lactobacillus delbrueckii* se realizó por dispersión de CaCl₂ en una concentración de 0,05M. Posteriormente se realizaron fermentaciones con 0.5, 10 y 15% (p/v) del mucilago, agitación de 120 rpm, 37°C/8h. Se evaluó la viabilidad de las bacterias lácticas y se sembró en agar MRS a 35°C/72h, para el conteo de las UFC/mL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* en medio MRS, adicionando mucilago de nopal, los resultados obtenidos se observan en la Figura 1. Las bacterias inmovilizadas son funcionales ya que son capaces de procesar el mucilago y disminuir el pH de su entorno, el efecto de la concentración de mucilago en el crecimiento de las bacterias encapsuladas con 0,05M de CaCl₂.

Al aumentar la concentración de mucilago en el medio se observa disminución en el crecimiento de la bacteria, infiriendo que el mucilago actúa como doble capa, impidiendo el crecimiento *L. delbrueckii*, pero permitiendo el paso de nutrientes.

Este mismo comportamiento fue observado por Guevara (2009) y Abraján (2008), quienes reportan una disminución en el número

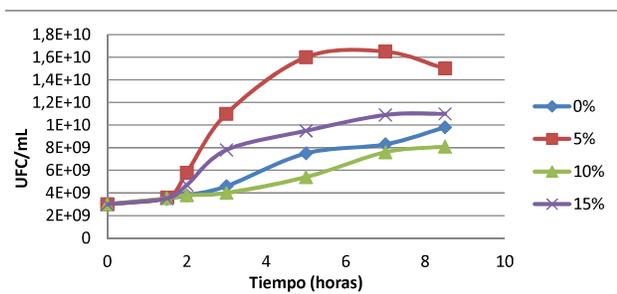


Figura 1. Crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* en diferentes concentraciones de mucilago de nopal a 37°C/ 8h.

de UFC al incrementar la concentración de mucilago en el medio (15%). Para las concentraciones de 10 y 15% de mucilago de nopal se observó crecimiento más lento, con respecto a las bacterias en medio con 0% del sustrato. Lo anterior se debe principalmente al hecho de que el mucilago en presencia de agua tiende a formar un coloide viscoso, este factor puede haber contribuido a que el sustrato estuviera menos disponible o por otro lado pudo haber atrapado a las bacterias haciéndolas menos activas (Gbassi *et al.*, 2012).

CONCLUSIÓN

El crecimiento a las diferentes concentraciones de mucilago, presentaron diferencias significativas presentando mayor crecimiento cuando se emplea una concentración de mucilago del 5%. Se determinó que el mucilago de nopal puede ser considerado como un sustrato prebiótico para general el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraján, V. 2008. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucilago del nopal (*Opuntia ficus indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestibles. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Feleszko, W. and J. Jaworska. 2013. Chapter 26. Probiotics and prebiotics in Immune modulation. Pp. 357-370 En: Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases. Elsevier. The Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, 654 p.
- Gbassi, G. and T. Vandamme. 2012. Probiotic encapsulation technology: From Microencapsulation to Release into the gut. *Pharmaceutics* 4: 149-163.
- Guevara, A. 2009. Efectos biofuncionales del nopal y de la tuna. *Horticultura Internacional* (71): 18-19.
- Sàenz, C., E. Sepúlveda and B. Matsuhiro. 2004. *Opuntias ppmucilage* 's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments* 57: 275-290.
- Viera, A., M. Teixeira and F. Martins. 2013. The role of probiotics and prebiotics in inducing gut immunity. *Frontiers in Immunology* 4(445): 1-12.
- Vilet, L., M. Garcia, R. Delgado, N. Corral, N. Cortez, M. Ruiz and D. Portales. 2014. *In vitro* assessment of agave fructans (*Agave salmiana*) as prebiotics and immune system activators. *International Journal of Biological Macromolecules* 63: 181-187.
- Whelan, K. 2013. Mechanisms and effectiveness of prebiotics in modifying the gastrointestinal microbiota for the management of digestive disorders. *Proceedings of the Nutrition Society* 72(3): 288-298.

Valoración del Cambio de las Propiedades Nutricionales del Polen Apícola a Diferentes Temperaturas de Deshidratación

Valuation of the Change in Nutritional Properties of Bee Pollen at Different Temperatures of Dehydration

Andrés Duran Jiménez¹, Martha Cecilia Quicazán Sierra²

¹ Ingeniero Químico. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Carrera 30 N° 45 - 03. E-mail: aduranji@unal.edu.co

² Profesora asociada. ICTA - Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. E-mail: mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. Se realizaron ensayos de secado de polen apícola, proveniente del Altiplano Cundiboyacense, a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C durante 6 horas. Se evaluó la influencia del proceso de secado sobre las características nutricionales del polen apícola, determinando el contenido de carotenoides totales y la actividad antioxidante del polen fresco y seco. Se observó

que el contenido de carotenoides del polen seco a 40, 50, 60 y 70°C presentó una disminución con respecto al polen fresco. Adicionalmente, los resultados indicaron una disminución de la actividad antioxidante del polen seco a una temperatura de 40°C, mientras existe aumento en el polen seco a 50 y 60°C.

Palabras clave: Apicultura, secado, actividad antioxidante, carotenoides.

Abstract. The influence of the drying process at different temperatures on the nutritional characteristics of bee pollen from the Altiplano Cundiboyacense was evaluated. To this end, drying tests at temperatures of 40, 50, 60 and 70 ° C were conducted for 6 hours. Subsequently, both the content of carotenoids and the antioxidant activity of fresh and dry pollen at each temperature were determined. Carotenoids content showed a decrease at dry temperature of 40 and 50 °C respect fresh pollen. The results indicated a decrease in antioxidant activity of pollen dried at 40 °C, and an increase of antioxidant activity in pollen dried at 50 and 60 °C.

Key words: Beekeeping, drying, antioxidant activity, carotenoids.

INTRODUCCIÓN

El polen apícola colombiano posee características nutricionales destacadas (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido promedio de componentes nutricionales del polen apícola (g/100g)

Característica	Polen fresco (b.h.)	Polen fresco (b.s.)	Polen seco (b.h.)	Polen seco (b.s.)
Humedad	19,2	23,8	3,4	3,5
Proteína	18,5	22,9	22,0	22,9
Grasa	3,3	4,1	3,9	4,1
Cenizas	1,9	2,4	2,2	2,4

Fuente: (Fuenmayor, 2009)

Estos compuestos no se afectan significativamente por el proceso de secado al que es sometido para su conservación, viéndose un cambio mínimo en su contenido (Barajas-Ortiz *et al.*, 2010). El aumento de cada componente se debe al cambio en la proporción frente a la masa total de la muestra seca. En el polen se destaca la actividad antioxidante por la presencia de compuestos bloqueadores o inhibidores de la acción de radicales libres, importantes en la prevención de enfermedades como el cáncer o patologías coronarias. Las condiciones de deshidratación pueden tener efecto sobre el contenido y actividad de compuestos bioactivos, debido a su sensibilidad a los cambios de temperatura y proporción de agua, como se observa en estudios recientes (Barajas-Ortiz *et al.*, 2010). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del secado a diferentes temperaturas en la estabilidad de las características nutricionales y bioactivas del polen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de polen apícola proveniente del municipio de Viracachá, Boyacá (Colombia) fueron deshidratadas en un secador de bandejas con circulación de aire a temperaturas de 40, 50, 60 y 70 °C, durante 6 horas. Luego, se caracterizó mediante la medida del contenido de cenizas, grasa, humedad, fibra, proteína y azúcares (AOAC, 2005), el contenido de carotenoides y la actividad antioxidante de cada muestra al inicio y final del proceso; el contenido de carotenoides se determinó con medición espectrofotométrica del extracto y la actividad antioxidante se determinó con los métodos TEAC y FRAP (Marghitas *et al.*, 2009). Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey para determinar diferencias entre las muestras ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de nutrientes mayoritarios del polen fresco y seco a cada temperatura se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de las muestras de polen fresco y seco a diferentes temperaturas

Característica	Fresco	Seco 40°C	Seco 50°C	Seco 60°C	Seco 70°C
Humedad*	15,98	8,36	5,03	3,12	1,89
Cenizas*	2,61	2,82	2,93	2,99	3,04
Grasa*	4,42	4,79	4,96	5,07	5,15
Proteína*	20,49	22,18	23,01	23,51	23,85
Carbohidratos*	45,07	48,79	50,62	51,73	52,46

*Datos reportados en g/100 g en base húmeda (b.h.)

No hay un cambio significativo de los componentes con el proceso de secado, presentando estabilidad a las temperaturas de proceso (Collin *et al.*, 1995). Según estos resultados al momento del consumo la cantidad de estos nutrientes por porción es mayor en el polen seco. Los resultados del contenido de carotenoides y actividad antioxidante del polen se muestran en las Figuras 1 y 2.

El contenido de carotenoides de las muestras deshidratadas disminuyó con respecto al polen fresco. Esto puede deberse a la degradación del β -caroteno presente (Margaoan *et al.*, 2010). No existen diferencias en este parámetro entre las muestras secas a 50, 60 y 70°C. Se observó una disminución de 39% de la actividad antioxidante (TEAC) del polen seco a 40°C, respecto al polen fresco, mientras hubo un aumento de la misma en el polen seco a temperaturas de 50, 60 y 70°C. Esto indicaría una

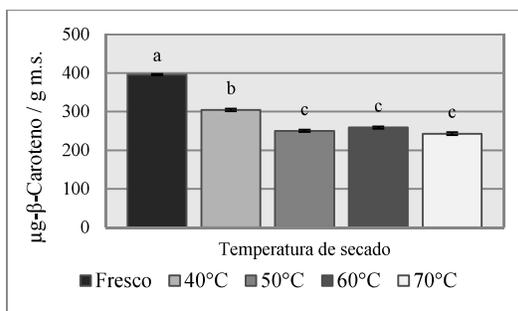


Figura 1. Efecto de la temperatura sobre el contenido de carotenoides en polen sometido a secado a diferentes temperaturas

Nota: Superíndices diferentes indican presencia de diferencias significativas de las medidas de contenido de carotenoides ($\alpha=0.05$).

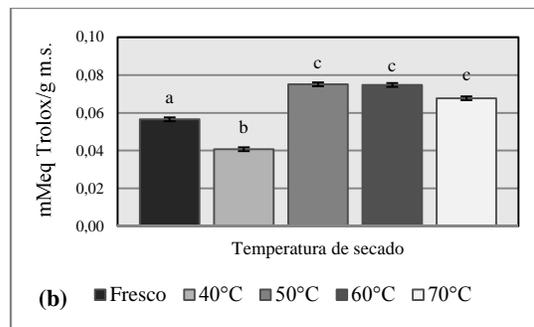
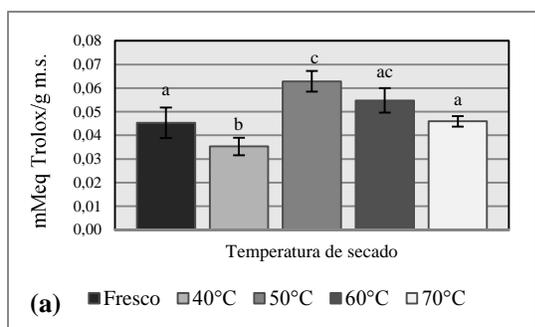


Figura 2. Actividad antioxidante de las muestras de polen fresco y sometido al proceso de secado a diferentes temperaturas: (a) Método TEAC; (b) Método FRAP

Nota: Superíndices diferentes indican presencia de diferencias significativas de las medidas de actividad antioxidante ($\alpha=0.05$).

activación de compuestos, como se ve en otros productos vegetales, como tomate y cebolla (Giovanelli *et al.*, 2002).

CONCLUSIÓN

Existe una disminución del 23% en el contenido de carotenoides del polen seco a 40 °C con respecto al polen fresco; esta disminución es 37% en promedio para las otras temperaturas. Hubo un aumento de la capacidad antioxidante a temperaturas de 50, 60 y 70 °C, pudiendo deberse a fenómenos de activación, liberación o potenciación de componentes. Se observó una disminución de actividad antioxidante a 40°C; esta temperatura lleva a una degradación mayor de las propiedades nutricionales con respecto al polen fresco, que las otras temperaturas. Una temperatura adecuada para la deshidratación sería 50°C, con un menor impacto sobre las propiedades bioactivas evaluadas con respecto al polen fresco.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC. 17 Edición. Arlington, VA (USA): AOAC International. 1235 p.
 Barajas-Ortiz, J.P., T. Martínez, and E. Rodríguez-Sandoval. 2010. Evaluación del efecto de la temperatura en el

secado de polen apícola procedente de dos zonas de Cundinamarca. DYNA 78(165): 48-57.
 Collin, S., T. Vanhavre, E. Bodart and A. Bouseta, 1995. Heat treatment of pollens: impact on their volatile flavor constituents. Journal of Agriculture and Food Chemistry 43: 444-448.
 Fuenmayor, C. A. 2009. Aplicación de bioprocesos en polen de abejas para el desarrollo de un suplemento nutricional proteico. Tesis Magister en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 225 p.
 G. Giovanelli, B. Zanoni, V. Lavelli and R. Nani, 2002. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. Journal of Food Engineering 52: 135-141.
 Margaoan, R., L.A. Marghitas, D. Dezmirean, C.M. Mihai and O. Bobis, 2010. Bee collected pollen - General aspects and chemical composition. UASVM Animal Science and Biotechnologies 67: 1-2.
 Marghitas, L.A., O.G. Stanciu, D.S. Dezmirean, O. Bobis, O. Popescu, S. Bogdanov, *et al.* 2009. In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. Food Chemistry 115: 878-883.

Determinación de Compuestos Fenólicos en la Pulpa y Cáscara de Mango Variedad Edward (*Mangifera indica* L.)

Determination of Phenolic Compounds in the Pulp and Peel Mango Variety Edward (*Mangifera indica* L.)

Matos-Chamorro Rodrigo Alfredo¹; Medina-Hoyos Elena

1 Profesor principal de la FIA, EAP Ingeniería de Alimentos. Universidad Peruana Unión, campus Lima amatosch@upeu.edu.pe; 2FIA, EAP Ingeniería de Alimentos. Universidad Peruana Unión elenamedho@gmail.com

Resumen. El objetivo de esta investigación fue determinar los compuestos fenólicos en la cáscara y pulpa del mango Edward (*Mangifera indica* L.). Los ensayos para la extracción de compuestos fenólicos fueron distribuidos de acuerdo al diseño factorial 2³. Las variables independientes: fisiología (X1: semi maduro, maduro), solvente (X2: etanol, acetona) y morfología (X3: cáscara y pulpa). Se utilizó la metodología de Folin-Ciocalteu, la lectura de los extractos se realizó en un espectrofotómetro a 1000nm. Los resultados muestran que hay diferencia significativa de contenido fenólico entre la cáscara (240,50 ± 4,58) y la pulpa (22,97 ± 4,25mg GAE/100g). La presencia de mayor contenido fenólico en la cáscara muestra su papel protector en la fruta.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., compuestos fenólicos, Folin-Ciocalteu, espectrofotómetro, residuos.

Abstract. The aim of this study is to determine the phenolic compounds in mango (*Mangifera indica* L.) variety Edward pulp and peel. Assays for the extraction of phenolic compounds were distributed according to the factorial design 2³. The independent variables: physiology (X1: semi ripe, mature), solvent (X2: ethanol, acetone) and morphology (X3: peel and pulp). Folin-Ciocalteu method was used. Reading of the extracts was performed by a spectrophotometer at 1000 nm. The results show that there is significant difference of phenolic content between the peel (240.50 ± 4.58) and the pulp (22.97 ± 4.25 mg GAE/100g). The presence of higher phenolic compounds content in the peel shows its protective role in the fruit.

Key words: *Mangifera indica* L., phenolic compounds, Folin-Ciocalteu spectrophotometer, residues.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L) ocupa el quinto lugar en la producción mundial de frutas tropicales (FAO, citado por Ajila *et al.*, 2007a). En el 2007 la producción fue de 31 millones de toneladas (FAOSTAT, citado por Buenrostro *et al.*, 2010),

los residuos que genera en el proceso de industrialización son: la cáscara y la semilla. Larrauri *et al.*, (Citado por Buenrostro *et al.*, 2010) menciona que en los residuos se encuentran compuestos bioactivos en una proporción de 35 -60% del fruto. Los compuestos bioactivos están asociados a la capacidad antioxidante celular, neutralizando los radicales libres (Thornally y Vasa; Greenwald, Palamanda y Kehrler; citados por Avello y Suwalsky 2006).

En el grupo de elementos bioactivos se encuentra los compuestos fenólicos. Estos pueden ser divididos en varios subgrupos, según su estructura básica: flavonoides, antocianinas, y flavonas. Otro subgrupo importante son los fenil propanoides que incluyen los derivados de ácido hidroxicinámicos, también tienen importancia los estilbenoides y sus derivados (Barberán *et al.*, 2003).

Ansari *et al.*, (Citados por Schieber *et al.*, 2000) reportan que en el mango está presente los compuestos fenólicos: ácido gálico, galotaninos, quercitina, isoquercetina, ácido eláxico y b-glucogalin. Talcott y Talcott (2009) identificaron el ácido gálico y mangifera por el método de espectroscopia de masa y cromatografía líquida de alta resolución. Kuskoski *et al.*, (2005) reportan compuestos fenólicos en el mango por el método espectrofotométrico desarrollado por Folin-Ciocalteu. Swain y Hillis (citado por Ajila *et al.*, 2007a), reportan la cuantificación del contenido fenólico por el método Folin-Ciocalteu en la cáscara de mango entre 55 a 100mg/g dependiendo de la variedad. El objetivo del trabajo de investigación es determinar los compuestos fenólicos de la cáscara y pulpa del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward.

MATERIALES Y MÉTODOS

La pulpa y la cáscara, que fueron cortados en fracciones pequeñas y llevado a refrigeración (10°C). Se determinó el índice de madurez por la metodología de la AOAC 22.060 (AOAC 1990). Para la obtención de los extractos de mango,

se empleó la metodología de Repo y Encina (2008). Para la curva de calibración fue utilizado concentraciones crecientes de ácido gálico: 0, 150, 500, 750 mg/L. los datos fueron sometidos a un análisis de regresión lineal, obteniéndose la ecuación del tipo: $y: a + (b \cdot DO \ 1000 \text{ nm})$ que vincula la concentración con la lectura óptica a 1000 nm de longitud de onda.

La cuantificación de fenoles totales fue realizada de acuerdo al método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu a 1000 nm de longitud de onda. Se utilizó el diseño factorial 2³, con dos repeticiones para la determinación de compuestos fenólicos del mango, las variables independientes fueron: Tipo de solvente (X1), Fisiología (X2) y Morfología (X3) del mango analizado (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de los factores para la determinación de compuestos fenólicos.

Factores	Niveles	
	-1	1
Solvente (X1)	Etanol	Acetona
Fisiología (X2)	Semi maduro	Maduro
Morfología (X3)	Cáscara	Pulpa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice de madurez para el mango maduro y semi- maduro fue de $11,32 \pm 0,75$ y $4,56 \pm 0,04$ respectivamente. Los resultados de la determinación de los compuestos fenólicos que tienen mayor rendimiento se muestran en la tabla 2. Los tratamientos 2, 4, 6 y 8 son los que poseen mayor obtuvieron de compuestos fenólico. Análisis de varianza. Los resultados del análisis de variancia muestran existe diferencia significativa en contenido de compuestos fenólicos entre la pulpa y la cáscara ($p=0,000$). En la cáscara se ha reportado $240,50 \pm 4,58$ y en la pulpa $22,97 \pm 4,25$ mg GAE/100 g (Figura 1), esto es debido a que los compuestos fenólicos son esenciales en la etapa de maduración y en la cubierta protectora de los frutos (Gil 2010).

En la pulpa se ha determinado $22,97 \pm 4,26$ mg GAE/100 g, valores similares fueron reportados por Manthey y Perkins (2009), $31,2 \pm$ mg GAE/100 g para el mango Haden y en la cáscara se ha encontrado $235,23 \pm 33,62$ mg GAE/100 g de compuestos fenólicos. Los compuestos fenólicos se encuentran involucrados en el crecimiento y reproducción, también confiere resistencia a las plantas frente a agentes patógenos y depredadores, razón por la

cual la cáscara posee mayor compuestos fenólicos (Gil 2010).

Tabla 2. Cantidad de compuestos fenólicos presentes en mango

Ensayos	X1	X2	X3	Contenido fenólicos- mg GAE/100 g
2 A	1	1	-1	261,74
2 B	1	1	-1	263,84
4 A	1	-1	-1	223,30
4 B	1	-1	-1	183,59
6 A	-1	1	-1	265,12
6 B	-1	1	-1	194,64
8 A	-1	-1	-1	224,13
8 B	-1	-1	-1	265,48

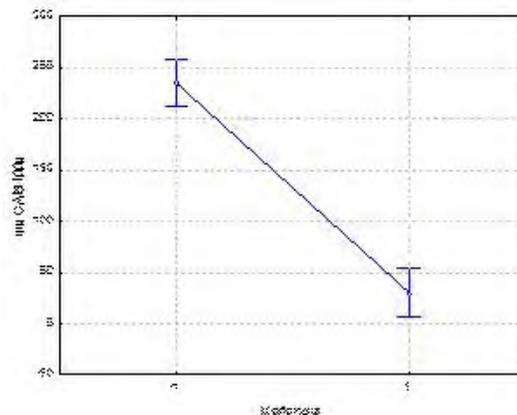


Figura 1. Variabilidad del contenido fenólico del mango respecto a la morfología

El estado fisiológico no influye significativamente sobre el contenido de compuestos fenólicos, aunque Lakshminarayana *et al.*, (Citados por Masibo y Qian 2008) mencionan que durante la etapa de maduración los compuestos fenólicos en la cáscara disminuyen. El reporte de Ajila *et al.*, (2007a) para dos variedades *Raspuri* y *Badami*, de cáscara verde y madura confirma la declaración anterior, para la variedad *Badami* reporta los siguientes resultados: $90,18 \pm 0,57$ y $54,67 \pm 1,5$ mgGAE/g respectivamente y para *Raspuri* $109,70 \pm 0,82$ y $100,00 \pm 1,9$ mgGAE/g. correspondientemente. La diferencia de los compuestos fenólicos se da básicamente en la maduración, también es influenciada por la variedad, no obstante en esta investigación no hay evidencia significativa de esa diferencia, porque los frutos tomados fueron semi maduro y maduro. Los solventes utilizados, etanol y acetona al 80% no

muestran diferencia significativa, aunque Ajila *et al.*, (2007b) reportaron valores de compuestos fenólicos ($73,88 \pm 0,35$ y $109,7 \pm 0,82$) extraídos con etanol y acetona respectivamente.

CONCLUSIÓN

La cáscara tiene mayor cantidad de compuestos fenólicos ($240,50 \pm 4,58$ mg GAE/100 g) que la pulpa de mango ($22,97 \pm 4,25$ mg GAE/100 g) en la variedad Edwards.

No existe diferencia significativa en el contenido de compuestos fenólicos del mango a diferentes estados fisiológicos ni tampoco a los solventes utilizados para la extracción.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajila C., K. Naidy, S. Bhat and U. Prasado-Rao. 2007a. Bioactive compound and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*. 105:982-988.
- Ajila C, S. Bhat and U. Prasada. 2007b. Valuable component of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*: 102:1006-1011.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official method of analysis. Arlington VA. 15th Edition. Washington. 319 p.
- Avello M y M. Suwalsky 2006. Radicales libre, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*, 494: 161-172. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32849410>; consulta: 10 noviembre de 2013.
- Barberán T. 2003. Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Revista Alimentación, Nutrición y Salud* 10 (2): 41-53.
- Buenrostro J, H. De la Garza, V. Ibarra y C. Aguilar. 2010. Aprovechamiento de las cáscaras de mango como soporte para la producción de polisacáridos. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 2 (3):5 p. Disponibilidad libre en: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM3/Aprovechamiento.pdf>; consulta: 17 de noviembre de 2013.
- Gil, A. 2010. Tratado de nutrición, tomo II: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Madrid, Editorial Médica Panamericana S.A. 786p.
- Kuskoski, M., A. Asuero, A. Troncoso, J. Mancini Filho, R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en la pulpa de frutos. *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas*. 25 (4): 726-732.
- Masibo, M. and H. Qian. 2008. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* (7): 309-319 p.
- Manthey, J. and P. Perkins 2009. Levels of b-carotene, ascorbic acid and total phenols in the pulp of five commercial varieties of mango. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 122:3003-307.
- De Carrasco, R. y E. Zelada. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Chenopodium caudatus*). *Rev. Soc. Quim. Perú*. 74(2): 85-99
- Schieber, A., W. Ullrich and R. Carle. 2000. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 1 (2000): 161-166.
- Talcott, S. y S. Talcott, 2009. Caracterización por espectroscopia de masas y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) del mango (*Mangifera indica* L.) después de una hidrólisis enzimática. Propiedades fitoquímicas del mango que contribuyen a beneficios en la salud. Reporte Final de la Investigación para el Consejo Nacional del Mango. Trad. Por Daniel Camarena. Texas A&M University, Department of Nutrition and Food Science. 44 p.

Efecto del Almacenamiento en Contenido de Clorofila y Vitamina C, en Arveja (*Pisum sativum L.*)

Effect of Storage and Chlorophyll Content of Vitamin C in Pea (*Pisum sativum L.*)

Ana Lucia Pantoja C¹, Oswaldo Osorio M^{1*}, Andrés Felipe Cerón C¹, Diego Fernando Mejía E¹

1 Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento Procesos Industriales. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

* Corresponding autor: Osorio_oswaldo@udenar.edu.co

Resumen. Se evaluaron condiciones de almacenamiento sobre la conservación de clorofila y vitamina C, en dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*), Alcalá y Sureña. Se usó un diseño experimental (DCA), evaluando dos tratamientos: T1 (empaque a vacío en bolsa de polietileno y poliamida), T2 (empaque tradicional en bolsa de polietileno), las muestras se almacenaron a 6°C por 14 días; cuantificando el contenido de clorofila (a y b) y el contenido de vitamina C. Se encontró una disminución en la clorofila a y b: Alcalá T1 (61,56% y 78,45%), T2 (70,10% y 84,34%); Sureña T1 (39,25% y 55,33%), T2 (37,03% y 56,66%); y reducciones en vitamina C: Alcalá: T1 (99,25%), T2 (99,23%); Sureña T1 (99,56%) y T2 (99,59%). Se concluye que la condición de almacenamiento causa un efecto significativo sobre la clorofila y la vitamina C.

Palabras clave: Alcalá, Sureña, vacío, refrigeración.

Abstract. Storage conditions on the retention of chlorophyll and vitamin C were evaluated in two varieties of pea (*Pisum sativum L.*), Alcalá and Sureña. Experimental design (DCA) was used to evaluate two treatments: T1 (under vacuum packaging in polythene bag and polyamide), T2 (traditional packaging in polyethylene bags), the samples were stored at 6°C for 14 days; quantifying content chlorophyll (b) and the content of vitamin C. A decrease in chlorophyll b was found; Sureña T1 (39.25% and 55.33%), T2 (37.03% and 56.66%); Alcalá T1 (61.56% and 78.45%), T2 (70.10% and 84.34%) and reductions in vitamin C: Alcalá: T1 (99.25%), T2 (99.23%); Sureña T1 (99.56%) and T2 (99.59%). That the storage conditions cause a significant effect on the chlorophyll and vitamin C. It is concluded.

Key words: Alcalá, Sureña, vacuum, refrigeration.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la diversidad en arveja (*Pisum sativum L.*), es amplia, con un gran número de cultivares que se han mejorado (Ligarreto y Ospina, 2009). En 2012, se lanzó dos variedades (Alcalá y Sureña), superiores en calidad comercial y nutricional (Cuervo, 2012); siendo necesario conservar estas

características durante el almacenamiento. (Restrepo *et al.*, 2012); mencionan entre los agentes causantes del deterioro al oxígeno, sobre todo por la gran cantidad de reacciones en las que interviene; por ello plantean como alternativas de conservación el empaque a vacío y/o las bajas temperaturas (Sora *et al.*, 2006); sin embargo, es necesario evaluar que efecto ejercen estas variables en el producto en específico; parámetros de calidad como el color, afectado por la clorofila y responsable del verde (Márquez y Vigoa, 2007); y la vitamina C, parámetro que resulta ser muy variable en el manejo poscosecha (Pighín y Rossi, 2010).

En este contexto el objetivo fue determinar el efecto de dos condiciones de almacenamiento en la conservación de clorofila y vitamina C, en dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*), Alcalá y Sureña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de muestras. Se usó arveja de la variedad Alcalá y Sureña, cosechadas a los cinco meses de establecido el cultivo en el CAI- LOPE, Sena (Nariño).

Diseño experimental. Se evaluó dos condiciones de almacenamiento para cada variedad: T1 (empaque a vacío en bolsa de polietileno y poliamida calibre 60) T2 (empaque tradicional en bolsa de polietileno de baja densidad calibre 150), las muestras se almacenaron a 6°C por 14 días; se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), en dos niveles con tres replicas, las variables de respuesta fueron variación del contenido de clorofila y vitamina C. El análisis se realizó con el programa InfoStat versión 2012, utilizando la prueba LSD de Fisher a un 5% de significancia.

Determinación de clorofila y vitamina C. La extracción y cuantificación de clorofila se realizó mediante metodologías descritas por Pariasca *et al.*, (2000) y Van *et al.*, 1998); la vitamina C se determinó, por el método de Mohr, utilizando espectrofotometría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de clorofila. En la tabla 1, se muestra la variación, de clorofila (a y b); evidenciando una disminución en: Alcalá T1 (61,565% y 78,455%), T2 (70,106% y 84,349%). Sureña T1 (39,259% y 55,333%), T2 (37,037% y 56,666%). mostrando diferencias significativas entre los contenidos iniciales y finales; resultados similares reportó Lemoine *et al.*, (2009), en brócoli. Se encontró que las dos condiciones de almacenamiento conservaron en la misma proporción la clorofila (a y b); sin embargo, en almacenamiento por 7 días, si se evidenció diferencias; T1 conserva en mayor porcentaje la clorofila (a y b). Se corrobora que la temperatura presenta efectos en la conservación, similares resultados obtuvieron Márquez y Vigoa (2007), donde resaltan que cambios a temperaturas bajas son menos drásticos.

Tabla 1. Promedio y variación de clorofila (a y b) (mg/g) en arveja almacenada a 6°C.

Tiempo (Días)	*Alcalá T1		*Alcalá T2	
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila a	Clorofila b
0	0,281±0,021	0,492±0,029	0,281±0,022	0,492±0,030
3	0,215±0,026	0,365±0,031	0,223±0,013	0,293±0,011
5	0,147±0,008	0,188±0,020	0,155±0,021	0,163±0,019
7	0,134±0,010	0,121±0,016	0,124±0,012	0,129±0,011
9	0,116±0,011	0,114±0,017	0,109±0,014	0,095±0,012
14	0,108±0,007	0,106±0,009	0,084±0,010	0,077±0,014
	*Sureña T1		*Sureña T2	
0	0,135±0,020	0,150±0,016	0,135±0,021	0,150±0,008
3	0,127±0,021	0,141±0,013	0,123±0,022	0,118±0,009
5	0,119±0,007	0,118±0,016	0,109±0,008	0,085±0,016
7	0,101±0,016	0,106±0,011	0,098±0,016	0,074±0,008
9	0,095±0,017	0,084±0,012	0,089±0,017	0,069±0,009
14	0,082±0,005	0,067±0,008	0,085±0,009	0,065±0,001

* Valores promedios (n = 3) ± desviación estándar

Contenido vitamina C. En la tabla 2, se muestra la variación de vitamina C. Se encontró una reducción para cada variedad: Alcalá: 99,2% en promedio; Sureña: 99,5% en promedio; resultados similares reportaron, Chumillas *et al.*, (2007) en jugo de naranja, al cabo de 14 días. Así mismo, no se evidenció

diferencias entre T1 y T2 en Alcalá y T1 y T2 en Sureña al cabo del día 14 con ($p > 0,05$). Sin embargo se observaron

Tabla 2. Promedio y variación de vitamina C (mg/g) en arveja almacenada a 6 °C.

Tiempo (Días)	*Alcalá T1	*Alcalá T2	*Sureña T1	*Sureña T2
0	15,783±1,654	15,783±1,653	19,705±2,626	19,705±2,627
3	12,214±1,231	7,387±1,051	11,234±1,697	8,102±1,021
5	7,072±0,730	5,174±0,614	7,614±1,163	3,715±0,526
7	2,555±0,364	1,475±0,042	0,569±0,066	0,297±0,035
9	1,143±0,312	1,072±0,033	0,309±0,031	0,163±0,024
14	0,118±0,007	0,121±0,008	0,086±0,003	0,079±0,001

* Valores promedios (n = 3) ± desviación estándar diferencias, en evaluaciones diarias hasta el día 9; siendo T1, el que conservó mejor la vitamina C, para ambas variedades; sin embargo T1 luego del día 9 mostró crecimiento de mohos y acumulación de gases; según Restrepo *et al.*, (2012), se debe al desarrollo de bacterias anaerobias ácido-lácticas. Tema que seguirá en evaluación.

CONCLUSIÓN

Se determinó un efecto significativo en las dos condiciones de almacenamiento respecto a la conservación del contenido de clorofila y vitamina C.

AGRADECIMIENTOS

Al programa jóvenes investigadores de COLCIENCIAS y al SGR proyecto BPIN 2012000100188

BIBLIOGRAFÍAS

- Chumillas, M., Y. Belissario, A. Iguaz, A. Lopez, 2007. Quality and shelf life of orange juice aseptically packaged in PET bottles. *Journal of Food Engineering* 79: 234-242.
- Cuervo, C. 2012. Desarrollan arvejas más nutritivas. En: Disponible en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/>; consulta: febrero 2014.
- Lemoine, L., P. Civello, A. Chaves, and G. Martinez, 2009. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. *Food Science and Technology* 42: 1076-1081.
- Ligarreto, G., y A. Ospina, 2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agron. Colomb* 27(3): 333-339.
- Márquez, E., y Y. Vigoa, 2007. Colorantes naturales de origen vegetal. *Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos* 17(1): 68-74.
- Pariasca, J., T. Miyazaki, H. Hisaka, H. Nakagawa, y T. Sato, 2000. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow

pea pods (*Pisum sativum* L. var *saccharatum*). *Postharvest Biology and Technology* 21: 213-223.

Pighín, A. y R.A. Rossi 2010. Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina C pre y post cocción. *Rev Chil Nutr* 37 (2): 201-207.

Restrepo, C., J. Montes Álvarez, L. Gómez, y J. Cano, 2012. Efectos del empaqueo en atmósferas modificadas para la conservación de arepa de maíz. *Revista Lasallista De Investigación* 9(2): 102-111

Sora, A., F. Gerhard, R. Flórez. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana* 24 (2): 306-316.

Van Loey, A., V. Ooms, C. Weemaes, Van I. Den Broeck, and S. Indrawati, 1998. Thermal and pressure temperature degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*) juice. *J. Agric. Food Chem* 46: 5289- 5294.

Calidad de la Canal de Pollos de Engorde Alimentados con Harina Integral de Zapallo

Carcass Quality in Broilers Fed with Butternut Squash Flour

Cristian Camilo Ubaque Pinzól¹, Lucy Viviana Orozco Agudelo², Sanín Ortiz Grisale³,
Magda Piedad Valdés Restrepo⁴ y Franco Alirio Vallejo Cabrera⁵.

¹ Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle del Cauca. ccubaquep@unal.edu.co.

² Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ivorozcoa@unal.edu.co.

³ Zootecnista, PhD. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Facultad de Ciencias Agropecuarias. sortizg@unal.edu.co

⁴ Ing. Agroindustrial, M. Sc., candidata a PhD. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.

⁵ Ing. Agrónomo, PhD. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Resumen. Un total de 144 pollos de engorde de la línea genética Cobb- Avian 48 fueron alojados desde los 11 hasta los 42 días de edad, distribuidos aleatoriamente en un diseño experimental de parcelas divididas comprendidas en cuatro tratamientos de tres repeticiones con 12 individuos divididos por sexo, con el fin de evaluar la sustitución del maíz en un 0, 50, 75 y 100% por harina integral de zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret variedad Unapal Abanico 75*) y su efecto en las características deseables de la canal. Los mejores resultados fueron obtenidos con la ración sustituida en un 50%, destacándose su alto rendimiento en canal, bajo contenido de grasa abdominal y alto grado de pigmentación de la piel.

Palabras clave: grasa abdominal, pigmentación de la piel, rendimiento en canal.

Abstract. A total of 144 broilers of genetic line Cobb-Avian48 were rear from 11 to 42 days, distributed randomly according to experimental split plot design with four treatments of three replicates with 12 chickens divided by sex, to evaluate the substitution of corn in 0, 50, 75 y 100% for butternut squash flour (*Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret variety Unapal Abanico 75*) and its effect in the desirable characteristics of the yield. The best results were obtained with the ration replaced by 50%, highlighting a high yield carcass, a low abdominal fat content and high grade on skin pigmentation.

Key words: abdominal fat, skin pigmentation, yield carcass.

INTRODUCCIÓN

La nutrición del pollo de engorde se afecta por el precio y la disponibilidad de materias primas para alimentos balanceados, por lo que estas han sido destinadas a la fabricación de etanol y biodiesel (Corzo, 2008). El maíz participa entre el 60 a 75% en las dietas empleadas para este fin (Chaves, 2009). Por lo tanto, se requiere investigar el uso de alimentos alternativos como fuente energética en la producción animal con miras a disminuir su importación.

Se considera el empleo de zapallo (*Cucurbita moschata*), hortaliza de importancia para Colombia por su demanda en el consumo, volumen de producción, calidad nutricional y fuente natural de pigmentos (Ortiz, *et al.*, 2008).

Esta investigación consideró la Harina Integral de Zapallo (HIZ) de la variedad Unapal Abanico 75 como materia prima, debido a su contenido de materia seca en fruto, 26% en promedio (Baena *et al.*, 2010); para evaluar el efecto de la sustitución parcial y total del maíz por HIZ en la nutrición de pollos de engorde y su influencia en las características deseables de la canal.

Tabla 1. Análisis estadístico de las variables post-sacrificio de las aves evaluadas.

Variable	Unidad T0	Tratamiento				Género		
		T1	T2	T3	Machos	Hembras		
PVF	Peso vivo final	g	2388,67a	1919,17b	1723,11bc	1640,68c	2057,67a	1778,19b
PC	Peso de la canal	g	1648,89a	1324,22b	1115,67c	1068,22c	1382,67a	1194,83b
R	Rendimiento de la canal	%	68,96a	68,97a	64,72b	65,25b	67,00a	66,94a
GA	Grasa Abdominal	g	36,56a	13,22b	6,89bc	0,44c	15,72a	12,83b
GPP	Grado de Pigmentación de la Piel		0c	6,39b	6,94ab	7,50a	5,05b	5,36a

Letras distintas entre promedios en cada fila son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 4 tratamientos (T0: 0%, T1: 50%, T2: 75% y T3: 100% de sustitución de maíz por HIZ). Cada tratamiento fue subdividido en 3 repeticiones, con 12 individuos repartidos en machos y hembras por igual, desde los 11 hasta los 42 días de edad.

Se efectuó el sacrificio siguiendo el protocolo descrito por Ortiz y Rodríguez (1994) con 3 individuos por sexo y por repetición, para un total de 72 aves valoradas, registrando su peso vivo final (PVF), peso de la canal (PC), rendimiento en canal (R), contenido de grasa abdominal (GA) y grado de pigmentación de la piel (GPP) valorado de 1 a 15 en la escala de Roche.

Se analizó carotenos totales a las dietas experimentales en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, teniendo en cuenta el protocolo de Rodríguez y Amaya (1997).

Se efectuó Análisis de Varianza (ANDEVA) bajo un diseño de parcelas divididas y posteriormente una comparación de medias por Duncan (5%) con base en los resultados arrojados por el software SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se puede observar que los individuos de la dieta control registraron un peso vivo y en canal significativamente mayor ($P < 0,05$) con respecto a los demás tratamientos (Tabla 1). Sin embargo, el tratamiento T1 no presenta diferencias significativas ($P < 0,05$) en el rendimiento en canal comparado con el control. Además, se demuestra un mayor grado de pigmentación de la piel (6,39 vs 0) y 63,8% menos de grasa abdominal, comparado con individuos del T0.

Este último resultado logra explicarse con lo expuesto por Escudero y González (2006), quienes afirman que niveles elevados de fibra contenidos en la HIZ, producen una reducción

en la absorción de colesterol y de lípidos a nivel intestinal.

La pigmentación en piel evidencia alto contenido de carotenoides totales en la HIZ y las pruebas revelaron un aporte, en base seca, de 7,84 T0 vs. 127,59 $\mu\text{g/g}$ del T1 para la fase de crecimiento; y 2,64 vs. 110,83 $\mu\text{g/g}$ en la fase de finalización; para la HIZ pura el valor fue de 139,83 $\mu\text{g/g}$, aporte alto comparado con maíz mejorado: 30 a 38,5 $\mu\text{g/g}$ (Salinas *et al.*, 2008).

Adicionalmente, se deben considerar los efectos benéficos que tiene para la salud humana el uso de zapallo por su contenido de carotenoides al reducir la aparición enfermedades cardiovasculares y cancerígenas (Saeleaw y Schleining, 2011), representando un valor agregado del producto. De acuerdo con investigaciones realizadas algunos carotenoides como el β -caroteno, son fuentes importantes de provitamina A (Jaeger *et al.*, 2012) y en este aspecto, se ha probado que el β -caroteno logra incrementar el contenido de acetato de retinol en la carne de pollos alimentados con este carotenoide (King *et al.*, 1995).

CONCLUSIÓN

El mejor comportamiento productivo para inclusión de HIZ lo manifestó T1, alto rendimiento en canal, alta pigmentación de la piel producto del aporte de carotenos, y un menor contenido graso que hacen del pollo un producto saludable y llamativo al público.

BIBLIOGRAFÍA

- Baena G.D., G.S. Ortiz, R.M.P. Valdés, S.E.I. Estrada y C.F.A. Vallejo, 2010. UNAPAL – Abanico 75: nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca en el fruto para fines agroindustriales. *Acta agronómica* 59 (3): 285 – 292.
- Chaves, P.D. 2009. Valoración energética del maíz en dietas de aves. Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Avicultura del Ecuador. En: <http://www.amevea-ecuador.org/datos/Valoracion%20Energetica%20Maiz%20en%20>

- Dietas%20de%20Aves.pdf. Consulta: Abril 4 de 2013.
- Corzo, A. 2008. Puntos críticos en la nutrición del pollo de engorde. Departamento de Avicultura. Mississippi State University. En: http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1235142257a.pdf. Consulta: Octubre 10 de 2013.
- Escudero, A.E y S. P. González, 2006. La fibra dietética. Nutr. Hosp. 21(2): 61 – 72.
- Jaeger, C.L.M, G.P. Barros, G.R.L. Oliveira, S. Pacheco, M.P.H. Fernandez, C.J.L. Viana, N.M. Regini, N.A.C. Lima, A.V.A. Rodrigues y R.S.R. Ramalho. 2012. Total carotenoid content, α – carotene and β – carotene of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. Food Research International 47 (2): 337 – 340.
- King, A.J., T.J. Uijttenboogaart and A.W. Vries. 1995. α – Tocopherol, β – Carotene and ascorbic acid as antioxidants in stored poultry muscle. Journal of Food Science 60 (5): 1009 – 1012.
- Ortiz, G.S y V.C. Rodríguez. 1994. Determinación de la curva de crecimiento, rendimiento cárnico y análisis económico de patos Muscovy, *Cairina moschata* L. en condiciones de cría y ceba intensivas. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle, Colombia. 92 p.
- Ortiz, G.S., L.J. Sánchez, R.M.P. Valdés, G.D. Baena y C.F.A. Vallejo. 2008. Retención de caroteno total en fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch condicionado por osmodeshidratación y secado. Acta Agron. 57 (4): 269–274.
- Rodríguez-Amaya, D.B. 1997. Carotenoides y Preparación de Alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados. Faculdade de Engenharia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas. Brasil. 105 p.
- Salinas, M.Y., A.S. Saavedra, R.J. Soria y T.E. Espinosa. 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea mays* L.) amarillos cultivados en el estado de México. Agricultura Técnica en México 34 (3): 357 – 364.
- Saeleaw, M. and G. Schleinig. 2011. Composition, physicochemical and morphological characterization of pumpkin flour. 11th International Congress on Engineering and Food. En: <http://www.icef11.org/content/papers/fms/FMS328.pdf>. Consulta: Septiembre 25 de 2012

Actividad Antirradicalaria y Caracterización de Polifenoles Purificados de Hojas de Gobernadora (*Larrea tridentata*)

Antiradical Activity and Characterization of Polyphenols Purified from Creosote Bush (Larrea tridentata) leaves

Leonardo Sepúlveda¹; Jorge E. Wong-Paz¹; Pedro Aguilar¹; Gabriel Lujan¹; Juan Ascacio-Valdés²; Juan Buenrostro³; José Sandoval¹; Antonio Aguilera-Carbó²; Raúl Rodríguez¹; Juan Contreras¹; Cristóbal Aguilar¹.

¹ Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Investigación en Alimentos, Saltillo, Coahuila, México. cristobal.aguilar@uadec.edu.mx
leonardo_sepulveda@uadec.edu.mx

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Nutrición Animal y Alimentos. Saltillo, Coahuila, México

³Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Departamento de Biotecnología de Alimentos. Iztapalapa, Ciudad de México, Distrito Federal.

Resumen. Los taninos son compuestos polifenólicos presentes en algunas plantas. Se preparó un extracto acuoso de hojas de gobernadora (*Larrea tridentata*), el cual se sometió a un proceso de purificación para obtener la fracción rica en compuestos fenólicos los cuales fueron identificados, mediante el uso de cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), donde se separaron 39 compuestos de origen polifenoles. Por espectrometría de masas, se lograron determinar dos compuestos mayoritarios en las fracciones polifenólicas de la planta. Estas fracciones presentaron una actividad antirradicalaria DPPH de 72 $\mu\text{g}/\text{mL}$ como IC_{50} y una actividad ABTS⁺ de 5,4 equivalentes de trolox (ET). Los polifenoles purificados de hojas de gobernadora tienen alta

actividad antirradicalaria, los cuales pueden ser utilizados en la industria farmacéutica o alimentaria.

Palabras clave: Ácido nordihidroguayarático, cromatografía, DDPH, ABTS

Abstract. Tannins are polyphenolic compounds present in some plants. It was obtained an aqueous extract from creosote bush (*Larrea tridentata*) leaves, which was subjected to purification process to obtained one rich fraction in polyphenols compounds which later were identified. High performance liquid chromatography (HPLC) was used to separate 39 phenolic compounds. Mass spectrometry was used to identify 2 main compounds in the polyphenols

fraction. These fractions showed DPPH activity of 72 $\mu\text{g}/\text{mL}$ as IC_{50} and ABTS^+ activity of 5.4 trolox equivalents (TE). The purified polyphenols from creosote bush leaves have antiradical properties, which can be used in pharmaceutical and food industries.

Key words: Nordihydroguaiaretic acid, chromatography, DPPH, ABTS

INTRODUCCIÓN

Los taninos son metabolitos secundarios de las plantas y son compuestos de origen fenólico; actualmente se dividen en cuatro grandes grupos: taninos condensados, taninos complejos, galotaninos y elagitaninos (Khanbabae y vanRee, 2001). Se ha descrito la presencia de taninos en extractos obtenidos de plantas, como la gobernadora, originaria del desierto mexicano, que crece de manera abundante (Ventura *et al.*, 2008). Los taninos presentan beneficios a la salud humana debido a sus propiedades biológicas, tales como anticancerígena (Huetz *et al.*, 2005), antiinflamatoria (González *et al.*, 2013) y antioxidante (Soto-Vaca *et al.*, 2012). La actividad antirradicalaria es relevante debido al creciente interés en el mercado por el desarrollo de nuevos productos enriquecidos con sustancias que proporcionan bienestar a la salud. Sin embargo es necesario elucidar nuevas moléculas que debido a su estructura química y otras propiedades incrementen el potencial antioxidante de un alimento. El objetivo del presente trabajo fue obtener, purificar e identificar los polifenoles presentes en las hojas de gobernadora, evaluando su actividad antirradicalaria DPPH y ABTS^+ .

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. La planta de gobernadora se recolectó manualmente en el km 15 de la carretera Saltillo-Monclova, México. Las hojas se secaron en una estufa a 60 °C durante 24 h. Las muestras se molieron y se tamizaron hasta obtener un tamaño de partícula de 600 μm .

Obtención de polifenoles de gobernadora. Para la obtención de los polifenoles de gobernadora se realizó una cromatografía líquida en columna con la resina XAD-16, según la metodología reportada por Ascacio-Valdés *et al.*, (2013).

Identificación de polifenoles por CLAR. Se realizó la identificación de polifenoles siguiendo la metodología de Poupard *et al.*, (2011). Se inyectaron 21 estándares, ácido caféico, ácido cinámico, ácido clorogénico, ácido elágico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido p-cumárico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido siríngico, ácido vanílico, catequina, epicatequina, metil galato, procianidina B1, B2, C1, quercetina, resorcinol, rutina y tirosol, todos SIGMA-ALDRICH®.

Espectrometría de masas. Para identificar las masas, se empleó un equipo Varian MS 500, equipado con un ionizador por electrospray. El espectrómetro de masas fue operado en modo negativo. Se determinó un rango de masas de 100 m/z hasta 2000 m/z en ciclos de 7 min. Todas las muestras fueron previamente filtradas con membranas de 0,45 μm .

Evaluación de la actividad antirradicalaria por DPPH y ABTS^+ . Se realizó la técnica de actividad DPPH propuesta por Meléndez *et al.*, (2013). Los resultados se expresaron en concentración inhibitoria del 50 % del radical DPPH (IC_{50}). Se realizó la técnica de actividad ABTS^+ descrita por Muzolf-Panek *et al.*, (2012). Los resultados se expresaron en equivalentes de trolox.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de polifenoles. En la Figura 1. se muestra el perfil fenólico obtenido por CLAR en la fracción purificada de gobernadora. Se lograron separar 39 compuestos de origen polifenólico. Se destacan dos compuestos mayoritarios con tiempos de retención de 5,91 y 22,19 minutos. Aunque se inyectaron 21 estándares, estos picos mayoritarios no coinciden con ningún compuesto analizado.

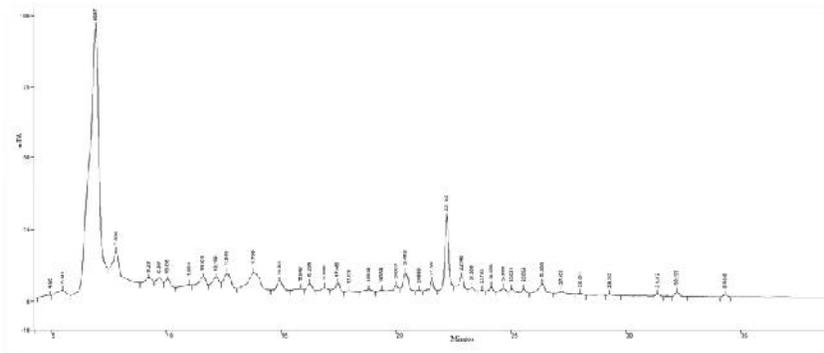


Figura 1. Perfil polifenólico presente en las hojas de gobernadora.

En la Figura 2 se muestra la identificación de las masas mayoritarias presentes en los polifenoles de gobernadora. Se identificaron dos compuestos con m/z 301 y 305 en modo de ionización negativa. Se ha reportado la presencia del ácido nordihidroguayarático con una masa molar de 302,36 g/mol, como uno de los compuestos mayoritarios presentes en la planta de gobernadora (Vargas-Arispuro *et al.*, 2005).

Actividad antirradicalaria. Se encontró una actividad DPPH de $IC_{50} 72 \pm 13 \mu\text{g/mL}$ en comparación con los valores del control trolox $170 \pm 10 \mu\text{g/mL}$, esto indica que los polifenoles purificados de hojas de gobernadora son dos veces más potentes que el control. Además se registró una actividad ABTS+ de 5,4 equivalentes de trolox, lo que indica que los polifenoles purificados de hojas de gobernadora son 5 veces más potentes que el control bajo esta técnica.

CONCLUSIONES

Fue posible separar 39 compuestos de origen polifenólico mediante CLAR. Se detectó la presencia de dos masas predominantes en las muestras, donde posiblemente se observó la presencia del ácido nordihidroguayarático. Debido a su estructura química, los compuestos presentes son potentes antioxidantes que pueden ser utilizados en la industria alimenticia o farmacéutica para la elaboración de nuevos productos.

AGRADECIMIENTOS

Leonardo Sepúlveda agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila por el uso de sus instalaciones y apoyo económico.

BIBLIOGRAFÍA

Ascacio-Valdés, J., J. Buenrostro, R. De la cruz, L. Sepúlveda, A. Aguilera, A. Prado, J. Contreras, R. Rodríguez, and Aguilar, C.N. 2013. Fungal biodegradation of pomegranate ellagitannins. *Journal of Basic Microbiology* 54(1): 28-34.

González, R., I. Ballester, R. López-Posadas, M. Suárez, A. Zarzuelo, O. Martínez-Augustin, and F. Sánchez de Medina. 2013. Effects of flavonoids and other polyphenols on inflammation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(4): 331-362.

Huetz, P., N. Mavaddat, and J. Mavri. 2005. Reaction between ellagic acid and an ultimate carcinogen. *Journal of Chemical Information and Modeling* 45(6): 1564-1570.

Khanbabaee, K and T. VanRee. 2001. Tannins: classification and definition. *Natural Products Reports* 18(6): 641-649.

Meléndez, N., V. Nevárez-Moorillón, R. Rodríguez-Herrera, J. Espinoza, and C.N. Aguilar. 2014. A microassay for

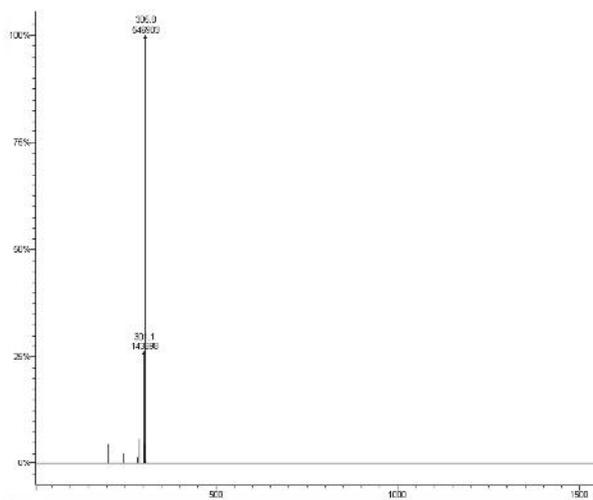


Figura 2. Espectro de masas de la fracción purificada de hojas de gobernadora.

quantification of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging. *African Journal of Biochemistry Research* 8(1): 14-18.

Muzolf-Panek, M., A. Gliszczynska-Swiglo, H. Szymusiak, and Tyrakowska. 2012. The influence of stereochemistry on the antioxidant properties of catechin epimers. *European Food Research & Technology* 235(6): 1001-1009.

Poupard, P., P. Sanoner, A. Baron, C. Renard, and S. Guyot. Characterization of procyanidin B2 oxidations products in apple juice model solution and confirmation their presence in apple juice by high-performance liquid chromatography coupled to electrospray ion trap mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry* 46(11): 1186-1197.

Soto-Vaca, A., A. Gutierrez, J. Losso, Z. Xu, and J. Finley. 2012. Evaluation of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(27): 6658-6677.

Vargas-Arispuro, I., R. Reyes-Báez, G. Rivera-Castañeda, M.A. Martínez-Téllez and I. Rivero-Espejel, I. 2005. Antifungal lignans from the creosotebush (*Larrea tridentata*). *Industrial Crops and Products* 22(2): 101-107.

Ventura, J., R. Belmares, A. Aguilera-Carbó, G. Gutiérrez-Sánchez, R. Rodríguez-Herrera, C.N. Aguilar. 2008. Fungal biodegradation of tannins from creosote bush (*Larrea tridentata*) and tar bush (*Flourensia cernua*) for gallic and ellagic acid production. *Food Technology and Biotechnology* 4(2): 211-215.

Implementación de Protocolos para Determinar Propiedades Físicoquímicas, Bioquímicas y la Actividad Biológica de la Miel de Abejas

Protocols Implementation for Determining Physicochemical and Biochemical Properties and Biological Activity of Bee Honey

Zaira Marín A¹; Jesús Gil²; Diego Durango³; Carlos García⁴

1 Profesora auxiliar. Universidad del Quindío-Facultad de Ciencias Agroindustriales.
<ztmarin@uniquindio.edu.co>

2 Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias Agropecuarias.
<jhgil@unal.edu.co>

3 Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias.
<dldurango@unal.edu.co>

4 Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias.
<cmgarcia@unal.edu.co>

Resumen. Se implementaron protocolos de análisis cromatográficos, espectroscópicos y de química húmeda para determinar la calidad de la miel de abejas teniendo en cuenta características físico-químicas y bioquímicas. Adicionalmente, se ajustaron protocolos para determinar la actividad biológica de la miel a través de la medición de la actividad antioxidante (DPPH) y la actividad antimicrobiana. Los protocolos se aplicaron para el análisis de una muestra de miel colectada en el suroeste del departamento de Antioquia. Los resultados de calidad físico-química y bioquímica para la miel analizada están dentro de los valores establecidos en la normativa colombiana y los reportados por otros autores. La actividad antioxidante fue de $48,02 \pm 0,67 \mu\text{mol trolox}/100 \text{ g miel}$; mientras que la miel al 10% no presentó actividad antimicrobiana por el método de la placa perforada frente a las cepas empleadas.

Palabras clave: Calidad de la miel de abejas, composición química, antioxidantes.

Abstract. Chromatographic, spectroscopic and wet chemical analysis protocols were implemented to determine the quality of bee honey considering physicochemical and biochemical characteristics. In addition, protocols for determining the biological activity of the honey by measuring the antioxidant (DPPH) and the antimicrobial activity (Gram positive and negative bacteria and pathogenic fungi) were adjusted. The protocols were applied to the analysis of a sample collected in the southwest of the department of Antioquia. The results of physico-chemical and biochemical quality for the analyzed sample are according with the values established in the Colombian legislation and those reported by other authors. The antioxidant activity was $48.02 \pm 0.67 \mu\text{mol trolox}/100\text{g honey}$; whereas, honey (10%) had no antimicrobial activity by the method of the perforated plate against the strains employed.

Key words: Honey bee quality, chemical composition, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

La miel de abejas es un producto natural producido por *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas (miel de néctar) o de excreciones de insectos chupadores de plantas (miel de mielato). La miel está constituida principalmente de monosacáridos (glucosa y fructosa) y agua. Adicionalmente, contiene micronutrientes (vitaminas y minerales), proteínas, amino ácidos libres, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos (Saxena *et al.*, 2010). La composición y calidad de la miel varía según la fuente natural del néctar, condiciones medioambientales y el manejo durante la cosecha y poscosecha (Azaredo *et al.*, 2003). Recientemente, el Ministerio de la Protección Social de Colombia mediante la resolución 1057 de 2010 estableció los parámetros fisicoquímicos que debe cumplir la miel de abejas; por lo tanto, los apicultores necesitan de soporte técnico para incursionar en los mercados nacionales e internacionales teniendo en cuenta la calidad de su producto. En éste sentido, el objetivo del presente trabajo fue implementar protocolos de análisis para establecer la calidad de la miel de abejas basada en requerimientos fisicoquímicos, la composición bioquímica y la actividad biológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estandarizaron protocolos de laboratorio para establecer las características fisicoquímicas y la composición bioquímica de la miel, basados en metodologías de análisis reportadas en la bibliografía, con algunas modificaciones (Bogdanov, 2002; Saxena *et al.*, 2010; Devarajan y Venugopal, 2012; Tenore *et al.*, 2012; Cimpoiu *et al.*, 2013). La actividad biológica se estimó a través de la capacidad antioxidante (método DPPH y actividad

antimicrobiana, método de la placa perforada (Cabrera *et al.*, 2006). Los protocolos se aplicaron en el análisis de una muestra de miel proveniente del municipio de Santa Bárbara (Antioquia), colectada en el mes de julio de 2013. La flora circundante al apiario correspondió a cultivos de mango.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se establecieron protocolos de análisis para determinar la calidad de la miel de abejas basada en parámetros fisicoquímicos, composición bioquímica y actividad biológica. Al aplicar los protocolos al análisis de una miel proveniente del suroeste antioqueño (Tabla 1), se encontró que esta cumplió con los requisitos de calidad fisicoquímica establecidos en la normatividad colombiana (Ministerio de Protección Social de Colombia, 2010). Se obtuvo un alto contenido de cenizas (valor máximo permitido < 0,6%), lo cual explica la alta conductividad de la muestra. La actividad acuosa (a_w) es un factor importante que gobierna la

estabilidad de la miel ya que un valor bajo previene o limita el crecimiento de amplio espectro de microorganismos; el valor a_w obtenido para miel (0,538) es suficiente para inhibir el crecimiento de levaduras osmófilas que afectan la calidad del producto mediante procesos de fermentación (Chirife *et al.*, 2006).

La relación de fructosa/glucosa fue menor a 1,5 lo cual sugiere que la miel es floral; adicionalmente, la cantidad de sacarosa es inferior al 5%; indicando que, antes de cosechar la miel, las abejas no fueron sobre alimentadas con sacarosa y que no se presentaron adulteraciones con éste disacárido (Anklam, 1998). Los datos de rotación óptica (levorrotatoria) refuerzan el origen, indicando que la miel que es de origen floral; mientras que las dextrorrotatorias se relacionan con mieles adulteradas o tipo mielato. La rotación óptica es una medida frecuente en países como Grecia, Italia y el Reino Unido para distinguir entre miel floral y miel de mielato (Nanda *et al.*, 2003). De acuerdo con los parámetros de

Tabla 1. Características de calidad y actividad biológica de miel de abejas colectada en el municipio de Santa Bárbara (Antioquia).

Parámetros Fisicoquímicos		Propiedades Bioquímicas	
Variable	Valor	Variable	Valor
Sólidos solubles (°Bx)	82,2 ± 0,34	Proteína (mg BSA/100 g miel)	43,49 ± 1,64
Humedad (%)	17,8 ± 0,34	Aminoácidos libres (mg leucina/100 g miel)	16,65 ± 7,23
pH	4,47 ± 0,02	Flavonoides (mg QE/100 g miel)	60,59 ± 2,42
a_w	0,538 ± 0,003	Fenoles (mg AG/ 100 g miel)	154,33 ± 2,8
Viscosidad (cp)	10973,33 ± 161	Azúcares totales (%)	67,2 ± 0,8
Color Abs ₄₅₀ (mAU)	1282,66 ± 4,62	Azúcares reductores (%)	64,4 ± 1,2
Acidez libre (meq ácido/kg-miel)	35,78 ± 4,43	Fructosa (g/100 g miel)	36,44 ± 0,19
Acidez láctónica (meq ácido/kg miel)	4,73 ± 2,69	Glucosa (g/100 g miel)	28,17 ± 2,99
Conductividad eléctrica (μS/cm)	849	Sacarosa (g/100 g miel)	1,98 ± 0,19
Cenizas (%)	0,45	HMF (mg/kg)	25,51
Act. diastasa (Gothe)	13,3	Actividad biológica	
Rotación óptica	-4,12500	Variable	Valor
Parámetros de color: L*	8,64 ± 0,06	DPPH (μmol trolox/100 g miel)	48,02 ± 0,67
a*	19,18 ± 0,20	Inhibición bacterias Gram +	-
b*	13,41 ± 0,07	Inhibición bacterias Gram -	-
C*	23,4 ± 0,20	Inhibición A. flavus	-
h°	34,95 ± 0,16		

color, la muestra corresponde a una miel oscura (L < 50) con componentes rojos y amarillos; por su parte, la intensidad de color (Abs₄₅₀) se admite que está asociada con el contenido de pigmentos (flavonoides, carotenos, fenoles) los cuales podrían estar relacionados con la actividad antioxidante exhibida por la muestra (Frankel *et al.*, 1998). Adicionalmente, los contenidos de fenoles y flavonoides son altos en comparación con los valores encontrados en mieles de la India (47,0 a 98,0) y Rumania (23,0 a 125,0 mg AG/ 100 g miel) (Saxena *et al.*, 2010). El perfil cromatográfico (HPLC y CG-EM) de los fenoles extraídos de la miel permitió establecer la presencia de ácidos orgánicos (benzoico, cinámico, salicílico, hidroxifenil acético, eicosatrienoico, entre otros), ácidos y alcoholes terpénicos (ácido agatólico, campesterol, 24-metilen cicloartenol, ciclo eucalenol, entre otros), fenoles (tocoferol, ácidos hidroxibenzoico y cinámico) y flavonoides. La miel exhibió actividad antioxidante (DPPH) equivalente a 48 µg trolox por cada 100 g de miel; la cual puede estar asociada al contenido de fenoles y amino ácidos. De otro lado, la miel diluida al 10% no presentó actividad antimicrobiana frente a los microorganismos evaluados.

CONCLUSIÓN

Se implementaron protocolos de análisis para establecer la calidad de la miel de abejas teniendo en cuenta parámetros físico-químicos, la composición bioquímica y la actividad biológica. La aplicación de éstas metodologías permitirá tipificar la miel de abejas que se produce en diferentes zonas apícolas de Antioquia; además, podrán ser un insumo para establecer el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por la norma colombiana, y para detectar un adecuado procesamiento de extracción, buena madurez y frescura de la miel; así como posibles adulteraciones o falsificaciones de éste producto apícola.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido a través de Cenired-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y la Universidad Nacional de Colombia. Contrato 13158-202-08.

BIBLIOGRAFÍA

- Anklam, E. 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of Honey. *Food Chemistry* 63(4):549-562.
- Azeredo, L., M.A.A. Azeredo, S.R. de Souza and V.M.L. Dutra. 2003. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry* 80(2): 249-254.
- Bogdanov, S. 1999. Honey quality: methods of analysis and international regulatory standards: review of the work of the International Honey Commission. Bern: Federal Dairy Research Institute Liebefeld: 63-64.
- Cabrera, L., E. Céspedes, R. Nava y G. Ojeda de Rodríguez. 2006. Actividad antibacteriana no-peróxido de mieles zulianas. *Revista científica CFV-LUZ XVI* (5): 556-563.
- Chirife, J., M.C. Zamora y A. Motto. 2006. The correlation between water activity and % moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *Journal of Food Engineering* 72(3): 287-292.
- Cimpoi, C., A. Hosu, V. Miclaus and A. Puscas. 2013. Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A* 100(1):149-154.
- Devarajan, S., S. Venugopa. 2012. Antioxidant and α-amylase inhibition activities of phenolic compounds in the extracts of Indian Honey. *Chinese Journal of Natural Medicines* 10(4): 255-259.
- Frankel, S., G.E. Robinson and M.R. Berenbaum. 1998. Antioxidant capacity and correlation characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apiculture Research* 37(1): 27-31.
- Ministerio de Protección Social de Colombia, "Resolución 1057/2010 Requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano," pp. 1-9, 2010.
- Nanda, V., B.C. Sarkar, H.K. Sharma and A.S. Bawa. 2003. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis* 16(5): 613-619.
- Saxena, S., S. Gautam and A. Sharma. 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry* 118(2): 391-397.
- Tenore, G.C., A. Ritieni, P. Campiglia and E. Novellino. 2012. Nutraceutical potential of monofloral honeys produced by the Sicilian black honeybees (*Apis mellifera* ssp. *sicula*). *Food and Chemical Toxicology* 50(6): 1955-1961.

Desarrollo de Pan con Inclusión de Polen y Sustitución de Grasa Hidrogenada por Aceite Vegetal

Development of Bread Including Pollen and Replacement of Hydrogenated fat by Vegetable Oil

Lina Angélica Hidalgo Pachón¹; Marta Cecilia Quicazán de Cuenca²; Luis Alberto Figueroa Casallas³

1 Investigadora. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. lahidalgo@unal.edu.co.

2 Profesora asociada. PhD. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. mcquicazand@unal.edu.co.

3 Estudiante Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. luafigueroaca@unal.edu.co.

Resumen. El propósito de éste trabajo fue desarrollar un pan blando con inclusión de polen en su fórmula, con sustitución total de grasa hidrogenada por aceite de girasol. Se compararon las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, de color y textura de panes elaborados con grasa hidrogenada tradicional, con aceite de girasol y con aceite de girasol y sustitución del 10% de harina por polen en dos presentaciones: molido y en pellets. Mediante una prueba sensorial hedónica se evaluó la aceptación de los panes con inclusión de polen. Se encontró que la sustitución de grasa por aceite agiliza el proceso de leudado, y disminuye la dureza de corteza y miga. La sustitución de harina por polen aporta un 19% más de proteínas en el producto final, aumenta el tono amarillo en la miga, el tono naranja y la oscuridad en la corteza y recupera la dureza de la miga perdida en la sustitución de grasa por aceite. Los panes con inclusión de polen, tuvieron buenos resultados en la evaluación sensorial hedónica y aumentaron su capacidad antioxidante.

Palabras clave: Panificación, alimento funcional, antioxidantes.

Abstract. The purpose of this work was to develop soft bread with pollen inclusion, with a total replacement of hydrogenated fat by sunflower oil. The microbiological, physicochemical, color and texture properties of bread prepared with the traditional hydrogenated fat, with sunflower oil and with sunflower oil and partial substitution of 10% of flour by pollen, were compared. By using a hedonic test, the acceptance of breads with pollen was evaluated. It was found that the replacement of fat by sunflower oil streamlines the leavening process and reduces the hardness of crumb and crust. The substitution of flour by pollen provides 19% more of protein in the final product, increases the yellow color in the crumb, the orange color and darkness in the crust and regains the hardness of the crumb lost by the replacement of fat by oil. Breads with pollen had good results in the hedonic sensory test and increase its antioxidant capacity.

Key words: Bread making, functional food, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

El polen es el alimento de las abejas, el cual obtienen de las flores y representa su principal fuente de nitrógeno, este es recolectado en forma de pellets; para su utilización en panificación se debe tamizar, limpiar y secar (humedad final= 3,4%). Se compone de diferentes sustancias esenciales para la nutrición humana, tales como: carbohidratos (65%), lípidos (4%), proteínas (22%), fibra (4%), aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (Fuenmayor, 2009). Además contiene cantidades considerables de sustancias polifenólicas (8,2 mg / g), principalmente flavonoides, que tienen un alto poder antioxidante, el cual ayuda a evitar enfermedades cardiovasculares y aterosclerosis (Kroyer y Hegedus, 2001). Debido a estas propiedades, el polen se considera un alimento funcional, que actúa como suplemento nutricional. La producción de polen en Colombia se acerca a las 300 toneladas al año, sin ser objeto de transformación o inclusión en ningún producto de valor agregado, además en el país existen cerca de 30.000 panaderías, con un consumo de pan de unos 23 kg/persona al año; sin embargo, la mayor parte del pan blando se elabora con grasas hidrogenadas, las cuales intervienen en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes (Manickavasagan y Al-Sabahi, 2013). La inclusión de polen en productos de panificación constituye una alternativa para la industrialización de este producto apícola. De acuerdo a lo anterior, en éste estudio se analizaron los efectos que tienen tanto la inclusión de polen como la sustitución de grasa por aceite en la aceptación, textura, color y propiedades nutricionales del pan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró pan blando utilizando las cantidades que se presentan en la Tabla 1, junto con agua (700 mL), azúcar blanco refinado (185 g), huevos frescos enteros (110 g), levadura fresca prensada Levapan® (75 g) y sal (25 g).

Se utilizó polen de Viracachá, Boyacá, el cual fue caracterizado y se sometió a un procedimiento de tamizado, limpieza y secado. Se empleó una mezcladora de espiral de capacidad de 8 kg de harina en donde se mezcló inicialmente la harina, el azúcar, levadura, grasa ó aceite y la sal, posteriormente se añadió a la mezcladora el agua y los huevos; se le dio una forma esférica a la masa y se dejó reposar durante 20 min, se formaron 48 rollos de pan, se dejaron leudar a 30 °C hasta doblar su volumen y se hornearon a 160 °C durante 20 minutos (Mesas y Alegre, 2002). La evaluación sensorial se realizó con 40 panelistas no entrenados, consumidores habituales de pan, con una escala hedónica de 5 puntos, evaluando apariencia, olor y sabor. La determinación de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra se hizo por duplicado mediante los métodos 925.10, 942.05, 962.09, 945.39 y 991.43 de la AOAC (1998). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. Se realizó un Perfil de Textura Instrumental para corteza y miga usando el texturómetro TA-XT Plus equipado con la sonda SMS P/75 a cortes transversales de pan, para la corteza y

cutos de 3 cm para la miga, haciendo 5 repeticiones y una determinación instrumental de color usando el colorímetro Konica Minolta CR 300 con 5 repeticiones. Las diferencias de textura y color se evaluaron mediante ANOVA y Tukey, y los de aceptación mediante el método de Kruskal-Wallis, todos con nivel de significancia $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se observa que hay un aumento de cerca del 19% del contenido de proteína con la sustitución del 10% de harina por polen. Al pan elaborado con polen, se le agregó 40% menos aceite debido a que el polen también aporta grasa, por eso su contenido de grasa fue menor. El polen también aporta fibra, y se observa que retiene mejor la humedad si se adiciona molido. Adicionalmente se reporta su capacidad antioxidante por el método ABTS en μmol trolox/g evidenciando el aumento de ésta propiedad en el pan con polen.

Como lo reporta la Tabla 3, la sustitución de grasa por aceite disminuye levemente el color amarillo de la miga, mientras que la adición de polen aumenta el color rojo de la corteza y disminuye el amarillo y la luminosidad, haciendo que se vea más naranja y oscura, mientras que para la miga aumenta notablemente el color amarillo, aún más con el polen molido.

Tabla 1. Cantidad de ingredientes para la formulación de pan.

Descripción de fórmula	Harina ^a	Aceite ^b	Margarina ^c	Polen	Tiempo, leudado
Pan con grasa (PG)	1000 g	0 g	320 g	0 g	30 min
Pan con aceite (PA)	1000 g	320 g	0 g	0 g	15 min
Pan con aceite y polen molido (PM)	900 g	220 g	0 g	100 g	40 min
Pan con aceite y polen en pellets (PP)	900 g	220 g	0 g	100 g	40 min

^aHarina de trigo marca Haz de Oros, ^bAceite de girasol marca Gourmet, ^cMargarina marca La Fina.

Tabla 2. Resultados de análisis proximal para panes.

Pan	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Cenizas	%Fibra	%Carbohidratos	ABTS($\mu\text{mol/g}$)
PG	19,95±0,06 ^a	9,15±0,07 ^a	16,12±0,20 ^a	2,02±0,01 ^a	0	52,75	-
PA	17,80±0,08 ^b	9,37±0,07 ^a	17,51±0,06 ^b	1,55±0,11 ^b	0	53,77	0,38±0,01 ^a
PM	19,08±0,04 ^c	10,90±0,01 ^b	11,62±0,30 ^c	1,88±0,01 ^c	3,97	52,55	4,2±0,00 ^b
PP	16,61±0,16 ^d	11,17±0,07 ^b	12,31±0,02 ^c	1,95±0,01 ^d	3,97	53,98	4,8±0,00 ^c

Letras iguales en la misma columna representa que no hay diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 3. Resultados de color en el espacio CIE Lab.

Pan	Corteza			Miga		
	a	B	L	a	B	L
PG	13,42±0,19 a	36,32±2,21 a	51,79±1,77 a	-6,37±0,14 a	21,65±1,07 b	73,19±1,53 b
PA	13,54±0,49 a	35,26±2,16 a	50,16±1,44 a	-5,81±0,15 a	16,30±1,69 a	67,13±1,86 a,b,c
PP	14,80±0,37 c	22,62±0,47 c	42,97±0,46 b	-5,87±0,82 a	34,08±0,38 c	65,87±1,00 a,c
PM	15,81±0,53 d	28,70±0,88 d	46,38±0,48 c	-6,02±0,40 a	38,38±0,87 d	68,13±3,57 a,b,c

Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

Tabla 4. Resultados de textura de corteza y miga.

ID Pan	Corteza						Miga					
	Dureza (N)			Elasticidad			Dureza (N)			Elasticidad		
PAG	19,647	±	3,757 b	0,821	±	0,009 a	3,285	±	0,267 b	0,876	±	0,013 a
PAA	4,455	±	0,488 a	0,835	±	0,001 a	0,918	±	0,195 a	0,896	±	0,014 a
PP	3,297	±	0,173 a	0,916	±	0,010 b	2,684	±	0,330 b	0,906	±	0,013 a
PM	3,101	±	0,729 a	0,921	±	0,006 b	2,967	±	0,533 b	0,904	±	0,013 a

Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

Como se presenta en la Tabla 4, la sustitución de grasa por aceite disminuye considerablemente la dureza de corteza y miga, sin embargo la inclusión de polen recupera la dureza de la miga. La inclusión de polen aumenta significativamente la elasticidad de la corteza, contrario a lo esperado, pues menor contenido de harina resulta en menor contenido de gluten, responsable de dar elasticidad a la masa.

TSe obtuvo una mediana de 4 en los resultados de la prueba sensorial hedónica para olor y sabor de los panes con inclusión de polen, mientras que la apariencia reportó una mediana de 3 para el pan con polen en pellets y de 4 para el pan con polen molido; sin embargo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos presentaciones de polen ($p>0,05$).

CONCLUSIÓN

Los panes con inclusión de polen tuvieron buena aceptación por parte del panel y mejoraron sus propiedades nutricionales, aumentando el contenido de proteína y fibra, además de tener menos grasas saturadas y mejorar su actividad antioxidante. La textura de la miga de los panes con inclusión de polen no presenta diferencias significativas con el pan con grasa, mientras que aumenta fuertemente el color amarillo.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. International Official Methods of Analysis. International, 16th edition. Gaithersburg, MD, USA: AOAC; 1998
- Fuenmayor, Carlos. 2009. Aplicación de bioprocesos en polen de abejas para el desarrollo de un suplemento nutricional proteico. Tesis Magister en Ingeniería Química. Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 134 p.
- Kroyer, G and N. Hegedus. 2001. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2(3): 171-174.
- Manickavasagan, A and J. Al-Sabahi. 2013. Reduction of saturated fat in traditional foods by substitution of ghee with olive and sunflower oils. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences* 15: 61-67.
- Mesas, J.M y Alegre, M.T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3(5): 307-313.

Efecto del Secado Sobre la Concentración de Polifenoles y Actividad Biológica de Subproductos Cítricos

Effect of Drying on the Polyphenol Concentration and Biological Activity of Citrus by-Products

Lizzie V. Baas Dzul¹, Ingrid M. Rodríguez Buenfil², Ángeles Sánchez Contreras³, Manuel O. Ramírez Sucre⁴ y Neith Aracely Pacheco López⁵

¹ Química. Estudiante de maestría en ciencia y tecnología. Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco (CIATEJ) Unidad sureste. Mérida, Yucatán. livibadu@hotmail.com.

² Dra. en Procesos Biotecnológicos. Directora del CIATEJ Unidad sureste. Mérida, Yucatán. irodriguez@ciatej.mx

³ Dra. en Ciencias Bioquímicas. CIATEJ Unidad Sureste. Mérida, Yucatán. msanchez@ciatej.mx

⁴ Dr. en Ciencias de los Alimentos. CIATEJ Unidad Sureste. Mérida, Yucatán. oramirez@ciatej.mx

⁵ Dra. en Biotecnología CIATEJ Unidad sureste. Mérida, Yucatán. npacheco@ciatej.mx

Resumen. México se encuentra entre los principales productores y exportadores de cítricos a nivel mundial. Debido a que sólo alrededor del 40% del fruto es aprovechado en la industria alimenticia, es necesaria la búsqueda para generar valor agregado a los residuos. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la temperatura y tiempo de secado de harinas obtenidas a partir de subproductos de limón italiano *Citrus limon* (L) Burns, sobre el contenido de compuestos polifenólicos, actividad antioxidante y antimicrobiana. Los resultados mostraron que los factores temperatura y tiempo de secado tuvieron un efecto significativo sobre la concentración de polifenoles así como en la actividad antioxidante y antimicrobiana. El mejor tratamiento en el que se obtuvo la mayor concentración de polifenoles de $37,6 \pm 1,2$ mg GAE/g base seca fue a la temperatura de 100°C a las 24 h, la mayor actividad antioxidante se presentó a 90°C a las 12 h ($68,1 \pm 16,6$ % de inhibición del radical DPPH) y la actividad antimicrobiana determinada cualitativamente se observó contra las cepas *S. aureus* a todas las temperaturas evaluadas y *E. coli* a 110°C .

Palabras claves: Actividad antimicrobiana, actividad antioxidante, *Citrus limon* (L) Burns.

Abstract. Mexico is among the leading producers and exporters of citrus worldwide. Due to only about 50 % of the fruit is exploited in the food industry; the research of value added products from the waste generated is needed. The aim of this work was to study the effect of temperature and time during drying of flours obtained from Italian lemon *Citrus limon* (L) by-products on the polyphenol concentration, antioxidant and antimicrobial activity. The best conditions where the highest polyphenolic concentration was achieved of 37.6 ± 1.2 mg GAE/g dry basis, was at temperature of 100°C to 24 h, the higher antioxidant activity occurred at 90°C at 12 h (68.1 ± 16.6 % inhibition of DPPH radical), and the antimicrobial activity determined qualitatively was observed against *S. aureus*

at all temperatures evaluated and *E. coli* at 110°C .

Keywords: antimicrobial activity, antioxidant activity, *Citrus limon* (L) Burns.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, México ocupa el cuarto lugar en producción cítrica, y a nivel nacional Yucatán es uno de los principales productores, destacándose en el 2012 como segundo lugar en producción el limón (Sagrapa, 2014). Este fruto contiene fitoquímicos de interés como los polifenoles, con capacidad antioxidante y antimicrobiana. Gran cantidad de este fruto es destinado a la industria procesadora de jugos y concentrados, el resto es desechado ocasionando un problema ambiental. Por otra parte, el secado es un método ampliamente usado en la conservación de alimentos, donde la temperatura es un factor importante en el mantenimiento de las propiedades biológicas y funcionales de los productos finales obtenidos (kuljarachanan *et al.*, 2009). Este trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de la temperatura de secado, en el contenido de polifenoles, actividad antioxidante y antimicrobiana de harinas obtenidas a partir de subproductos de limón italiano *Citrus limon* (L) Burns.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Subproductos de limón Italiano *Citrus limon* (L) Burns, (cáscara, bagazo y semilla) colectados en la Juguera de Akil, Yucatán. Cepas: *E. coli*, *S. aureus* y *S. typhimurium* del cepario del CIATEJ Unidad Sureste.

Métodos. Los subproductos fueron secados en un horno convencional, para el estudio del efecto de la temperatura y tiempo de secado se utilizó un diseño experimental 4 x 4, los niveles de los factores fueron para tiempo: 12, 24, 36 y 48 h y temperatura: 80, 90, 100 y 110°C . La humedad se determinó con una termobalanza MB45. La extracción de polifenoles

totales se realizó de acuerdo al método establecido por Sánchez-Contreras *et al.*, 2011. El contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante se cuantificaron de acuerdo a lo descrito por Vasco *et al.*, (2008). La actividad antimicrobiana se determinó cualitativamente de acuerdo a Wayne (1993). El color se realizó empleando el colorímetro MiniScan Ez. Los parámetros evaluados fueron: L* (luminosidad), C* (croma o saturación) y h° (hue).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La máxima reducción del porcentaje de humedad se observó a las primeras 12 h alcanzando valores alrededor del 10% los cuales se encuentran dentro de lo reportado por la

norma CODEX para harinas (10 – 15%). La concentración de polifenoles totales y la actividad antioxidante, expresada como el porcentaje de inhibición del radical DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), de los extractos de harina de subproducto de limón italiano con respecto a los diferentes tiempos y temperaturas de secado, se muestran en la tabla 1. La muestra fresca mostró una concentración de polifenoles de $73,7 \pm 7,0$ mg GAE/g base seca (BS). Los resultados indicaron que la temperatura de secado tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el contenido de polifenoles. La máxima concentración de $37,6 \pm 1,2$ mg GAE/g BS se obtuvo a las 24h a 100°C y la mínima de $29,5 \pm 0,9$ mg GAE/g BS se obtuvo a las 48h a la temperatura de 90°C . La mayor actividad antioxidante se

Tabla 1. Resultados de concentración de polifenoles totales mg GAE/ g BS y porcentaje de inhibición del radical libre DPPH de extractos de harina se subproductos de limón italiano

Temp. °C	Concentración de polifenoles mg GAE/ g BS				Porcentaje de inhibición (%) del radical DPPH			
	12h	24h	36h	48h	12h	24h	36h	48h
80	31,8±2,3dc	33,0±1,1b	29,7±1,7c	32,7±0,9b	41,8±4,9bc	37,1±3,7de	50,8±8,0b	37,5±1,8c
90	29,6±4,4d	32,1±1,7bc	31,8±1,7bc	29,5±0,9d	68,1±16,6a	49,1±8,8bc	52,6±2,9b	60,3±4,8b
100	35,0±1,3cb	37,6±1,2a	36,2±1,7a	35,8±1,1a	25,0±5,3d	24,1±4,9f	30,5±3,4c	36,1±2,9c
110	37,3±1,3b	37,0 ±1,3a	32,9±2,9b	33,7±2,1ab	27,5±4,3d	29,0±1,0ef	33,5±4,6c	39,4±9,0c

Letras similares en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) de terminadas mediante la prueba de Tukey.

Tabla 2. Actividad antimicrobiana de extractos polifenólicos de harina de subproducto de limón italiano contra las bacterias *S. typhimurium*, *S. aureus* y *E. coli*.

T °C	t (h)	Actividad antimicrobiana			Color		
		<i>S. typhimurium</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	L*	h°	C*
80	12	-	+++	-	63,8 ± 0,2	79,1 ± 0,001	32,1 ± 0,1
	24	-	+++	-	61,2 ± 0,2	76,5 ± 0,001	31,0 ± 0,2
	36	-	+++	-	58,6 ± 0,2	74,6 ± 0,001	30,8 ± 0,1
	48	-	+++	-	59,6 ± 0,2	74,2 ± 0,001	30,3 ± 0,1
90	12	-	++	-	61,7 ± 0,2	77,0 ± 0,002	31,6 ± 0,2
	24	-	+++	-	62,7 ± 0,3	77,0 ± 0,000	30,9 ± 0,1
	36	-	+++	-	56,5 ± 0,2	73,9 ± 0,002	31,0 ± 0,2
	48	-	+++	-	56,4 ± 0,5	72,7 ± 0,002	31,1 ± 0,1
100	12	-	+++	-	52,7 ± 0,1	70,7 ± 0,002	29,1 ± 0,1
	24	-	++	-	46,3 ± 0,2	66,2 ± 0,002	27,3 ± 0,2
	36	-	+++	-	44,1 ± 0,6	65,0 ± 0,002	27,0 ± 0,3
	48	-	+++	++	41,7 ± 0,8	62,8 ± 0,002	26,0 ± 0,6
110	12	-	+++	++	49,1 ± 0,3	68,0 ± 0,002	27,5 ± 0,0
	24	-	+++	++	43,6 ± 0,1	64,2 ± 0,002	25,8 ± 0,1
	36	-	+++	-	37,7 ± 0,3	61,5 ± 0,002	24,4 ± 0,1
	48	-	+++	++	41,2 ± 0,4	62,3 ± 0,002	25,1 ± 0,2

+++ : Mayor actividad antimicrobiana sin presencia de bacterias; ++ : Media actividad antimicrobiana de 2 a 12 UFC. - : No tiene actividad antimicrobiana de 12 o más UFC.

presentó a 90°C a 12h (68,1 ± 16,6 % de inhibición de DPPH) y la menor a 100°C a las 24 h (24,1 ± 4,9% de inhibición de DPPH), al realizar un análisis de correlación se observó que no existe una relación entre el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante. Lo anterior pudiera deberse a que el tratamiento térmico pudo haber afectado a los compuestos con actividad antioxidante (Kuljarachanan *et al.*, 2009).

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la actividad antimicrobiana de los extractos polifenólicos y los parámetros de color obtenidos a partir de las harinas. Los extractos polifenólicos mostraron actividad antimicrobiana determinada cualitativamente frente a la bacteria *S. aureus* con todos los extractos probados y la bacteria *E. coli* sólo fue inhibida con los extractos polifenólicos obtenidos a 100°C a 48 h y a 110°C a todos los tiempos evaluados excepto a 36 h. Por el contrario la bacteria *S. typhimurium*, no fue inhibida con ninguno de los extractos obtenidos. Con respecto al color, los valores de luminosidad y croma disminuyen cuando aumenta la temperatura de secado y el valor de hue se mantiene constante.

CONCLUSIÓN

La temperatura y tiempo de secado de los subproductos de limón italiano presentaron efecto en la concentración de los polifenoles totales. Los extractos polifenólicos obtenidos presentaron actividad antioxidante y antimicrobiana contra las bacterias *S. aureus*, y *E. coli*. La temperatura de 110°C a las

24h es recomendada para procesar los subproductos de limón italiano para mantener la mayor cantidad de polifenoles totales con actividad antioxidante y antimicrobiana contra las cepas *S. aureus* y *E. coli*. La obtención de harinas a partir de residuos cítricos mediante el secado representa una alternativa potencial de uso de estos residuos para la industria alimenticia.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Fomix Yuc-2011-C09-0169165.

BIBLIOGRAFÍA

- Kuljarachanan, T., S. Devahastin, and N. Chiewchan. 2009. Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*. 113: 944-949
- Kumar, A. and A. Ghannam. 2013. Degradation kinetic modelling of color, texture, polyphenols and antioxidant capacity of York cabbage after microwave. *Food Research international*. 53: 125-133.
- Sánchez A. y I. Rodríguez. Depósito de patente Mx/a/2012/014554. Secretaría de Agricultura Ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx>. Consulta: Enero 2014.
- Vasco, C., J. Ruales and A. Kamal. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*. 111: 816-823.

Efecto del Estado de Madurez en el Valor Nutricional de Harinas de Plátano Popocho (*Musa exótica L.*) y Primitivo (*Musa acuminata aa*)

Effect of Ripeness on Nutritional Value of Popocho (Musa exotica L.) and Primitivo (Musa acuminata AA) Plantain Flours

Elena Peña Masiá¹, Eva García Martíne¹, Alberto Yuste del Carmen¹, Nixon Moya Sánchez², Nuria Martínez Navarret¹ y Gemma Moraga Ballesteros¹

¹ Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain. gemmoba1@tal.upv.es

² Grupo de Investigación en Valoración y Aprovechamiento de la Biodiversidad Universidad Tecnológica del Chocó. Carrera 22, No. 18 B-10 Quibdó, Colombia. nixon_moya@hotmail.com

Resumen. Se determinó el valor nutricional de diferentes harinas de plátano popocho y primitivo con el objetivo de determinar la especie y el punto de madurez óptimo para su uso en alimentación infantil. Como era de esperar, durante la maduración de ambas especies de plátano se produjo la degradación del almidón

y su conversión a azúcares simples, reduciéndose a su vez el contenido en grasas y proteínas. La harina con mayor valor energético resultó ser la obtenida a partir de plátano popocho en estado verde (387 Kcal/100g), seguida de la obtenida a partir del primitivo verde o pintón (383 Kcal/100g).

Palabras clave: Secado, composición, análisis proximal.

Abstract. *The nutritional value of different primitive and popocho plantain flours was determined in order to select the species and optimum degree of ripeness for its use in infant feeding. As it was expected, during the ripeness of both plantain species, the starch degradation and the conversion to simple sugars were produced, reducing the fat and protein as well. Flour with higher energy value was found to be obtained from green Popocho plantain (387 Kcal/100g), followed by the one obtained from green primitive or pintón (383 Kcal/100g).*

Key words: *drying, composition, proximate analysis.*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto de cooperación, en el marco de la convocatoria ADSIDEO - COOPERACIÓN 2012 (UPV) titulado “Contribución a la mejora del estado nutricional en poblaciones infantiles rurales del Departamento del Chocó a partir de materias primas de uso tradicional”. El Departamento del Chocó, se caracteriza por ser una de las regiones con mayor biodiversidad en el planeta. Sin embargo, es también uno de los departamentos más afectados por la alta prevalencia de desnutrición infantil, con importantes deficiencias de proteínas y micronutrientes, en contraste con la alta disponibilidad de materias primas de que disponen. El carácter endémico de dichos productos ha limitado su conocimiento desde el punto de vista de una adecuada valoración de su calidad nutritiva que garantice una ingesta de nutrientes óptimos y balanceados para el adecuado crecimiento y desarrollo infantil. Entre los recursos de uso tradicional de estas comunidades se encuentran los pertenecientes a la familia de las Musaceae, como el plátano popocho y primitivo. A través de un secado al sol, el campesino lo pulveriza y obtiene una harina que se utiliza para el alimento diario de los niños, conocido como “colada” (Flores-Gorosquera *et al.*, 2004). Sin embargo, se ha identificado como posible fuente del problema el temprano y elevado consumo de estas coladas en sustitución de la leche materna. El objetivo de este estudio se centra en conocer el valor nutricional de estas variedades de plátano, una vez deshidratadas y pulverizadas, obtenidas a partir de diferentes estados de madurez (verde, pintón y maduro) de manera que se pueda determinar la especie y el punto de madurez óptimo para su uso en la preparación de un alimento complementario en alimentación infantil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los plátanos de las especies popocho (*Musa exotica* L.) y primitivo (*Musa acuminata* AA) fueron procesados en la Universidad

Tecnológica del Chocó (Colombia). Las muestras fueron cortadas en rodajas de 0.5 mm de espesor y se les sometió a un tratamiento de secado a 60°C durante 24 horas. Una vez llegaron a la Universidad Politécnica de Valencia se procedió a triturarlas y se los siguientes análisis: humedad (AOAC 925.10, 1990), sólidos solubles (refractometría), cenizas totales (AOAC 923.03, 1990), nitrógeno total (AOAC 928.08, 1990), grasa (AOAC 960.39, 1990), almidón (norma IRAM 15859) y acidez (AOAC 942.15, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El plátano constituye una buena fuente de energía, vitaminas y minerales. Las características nutricionales dependen de las condiciones agronómicas del cultivo, la variedad de plátano y su estado de madurez (Adão y Glória, 2005). En la Tabla 1 se muestran los valores medios y la desviación estándar de los distintos macronutrientes analizados en las harinas de los plátanos popocho y primitivo. Los resultados se expresaron en g compuesto por 100 gramos de materia seca con fines comparativos. Además se calculó el valor energético de las muestras. Los resultados obtenidos están en concordancia con los publicados en la base de composición de alimentos de la USDA.

Aquellas muestras con un mayor contenido en sólidos solubles presentaron un mayor contenido en humedad, lo cual puede ser debido a quedar el agua más retenida en las células en estos casos, dificultando su eliminación durante el proceso de secado. En las frutas, el contenido en sólidos solubles representa principalmente la cantidad de ácidos orgánicos y azúcares solubles. Para cada estado de madurez, el contenido en sólidos solubles fue distinto entre especies, y además aumentó significativamente en todos los casos al avanzar la madurez. Esto puede atribuirse al aumento en la cantidad de azúcares solubles durante la maduración, procedentes de la degradación del almidón (Mota *et al.*, 1997), cuyo contenido resultó significativamente mayor en el popocho verde. En cuanto a las grasas y proteínas no se advirtieron diferencias significativas entre las especies de plátano, pero dentro de sus estados de madurez en ambas el menor contenido de proteínas y grasa es en el estado maduro. En cuanto a la acidez, los resultados se expresaron como g ácido málico/ 100g muestra por ser éste el ácido orgánico mayoritario. En el plátano primitivo se observó un aumento de la acidez del estado verde al pintón y una disminución al pasar al estado maduro, lo que coincide con estudios de otros autores que señalan un incremento de la acidez en los frutos, debido a una biosíntesis predominante del ácido málico hasta su completo desarrollo fisiológico, a partir del cual decrece (Etienne *et al.*, 2013). La diferencia tanto de la acidez, como del contenido en sólidos solubles, así como la distinta evolución de la degradación del almidón, sugieren una distinta velocidad de maduración entre el plátano popocho y el primitivo.

Tabla 1. Valores medios de los macronutrientes (g/100 gramos de materia seca) y desviación estándar (entre paréntesis) de las harinas de plátano popocho y primitivo en los tres estados de madurez estudiados (verde, pintón y maduro).

Especies de Plátanos		Verde	Pintón	Maduro
Valor energetico Kcal/100 g	Popocho	387	375	369
	Primitivo	383	383	377
Humedad	Popocho	0.9 (0.14) ^{1a}	3.8 (0.4) ^{2b}	4.6 (0.2) ^{1c}
	Primitivo	1.6 (0.3) ^{2a}	2.18 (0.02) ^{1b}	3.7 (0.4) ^{1b}
Cenizas	Popocho	2.75 (0.04) ^{1a}	2.75 (0.02) ^{1a}	3.55 (0.07) ^{2b}
	Primitivo	3.39 (0.02) ^{2a}	2.74 (0.03) ^{1b}	2.7 (0.4) ^{1b}
Proteínas	Popocho	4.10 (0.18) ^{1a}	3.68 (0.19) ^{1ab}	3.39 (0.19) ^{1b}
	Primitivo	4 (0) ^{1ab}	4.15 (0.19) ^{1a}	3.2 (0.3) ^{1b}
Hidratos de carbono *	Popocho	91.8	89.5	88.3
	Primitivo	90.4	90.3	90.5
Grasas	Popocho	0.3495 (0.002) ^{1a}	0.31 (0.08) ^{1ab}	0.17 (0.03) ^{1b}
	Primitivo	0.56 (0.12) ^{1a}	0.56 (0.19) ^{1a}	0.4 (0.2) ^{1a}
Almidón	Popocho	54 (0) ^{2a}	20.7 (1.2) ^{1b}	14.5 (0.6) ^{1b}
	Primitivo	46 (4) ^{1a}	27.1 (0.8) ^{2b}	22 (0) ^{2b}
Sólidos solubles	Popocho	0.058 (0.002) ^{1a}	3.86 (0.02) ^{2b}	6.2 (0.4) ^{2c}
	Primitivo	0.38 (0.04) ^{2a}	1.2 (0.2) ^{1b}	3.87 (0.13) ^{1c}
Ácido málico	Popocho	0.114 (0.005) ^{1a}	0.23 (0.02) ^{2b}	0.249 (0.007) ^{2b}
	Primitivo	0.138 (0.005) ^{2a}	0.160 (0.005) ^{1b}	0.097 (0.005) ^{1c}

1-2 superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre los plátanos primitivo y popocho para cada análisis ($p < 0.05$); a-c superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre los estados de madurez ($p < 0.05$); * calculado como diferencia.

CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos del análisis proximal de las harinas de plátano analizadas ambas especies, popocho y primitivo, serían recomendables dentro de una dieta equilibrada para su utilización en alimentación infantil por su alto contenido en almidón y bajo en grasa. Se recomienda el uso del plátano popocho en estado de madurez verde y del primitivo en estado verde o pintón, por su mayor contenido en almidón y mayor valor energético.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda concedida a través de la convocatoria ADSIDEO - COOPERACIÓN 2012 (UPV).

BIBLIOGRAFÍA

Adão, R.C. and M.B.A. Glória. 2005. Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of 'Prata' banana (*Musa acuminata* · *M. balbisiana*). *Food Chemistry* 90(4): 705–711.

Etienne, A., M. Génard, P.Lobit, D. Mbéguié-A-Mbéguié and C. Bugaud. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany* 64(6): 1451–1469.

Flores-Gorosquera, E., F.J. García-Suárez, E. Flores-Huicochea, M.C. Núñez-Santiago and R.A. González-Soto y L.A. Bello-Pérez. 2004. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana* 55(1): 86–90.

Da Mota, R.V., F.M. Lajolo e B.R. Cordenunsi. 1997. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp.*) durante o amadurecimento. *Food Science and Technology (Campinas)* 17(2): 94–97.

Dulces tradicionales de Chiapas con harina de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L)

Traditional Sweets of Chiapas with Bean Flour (*Phaseolus vulgaris* L)

Adriana Caballero Roque¹, Shantal Arias Solís², Paulina Ayvar Ramos¹,
Marcos Gabriel Molina López¹ y Vicente Tadeo Ramos Cruz¹.

1 Profesor de Tiempo Completo. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. C.P. 29000. Libramiento Norte Poniente 1150. Chiapas, México. <adriana.caballero@unicach.mx, paulina.ayvar@unicach.mx, marcos.molina@unicach.mx, vicente.ramos@unicach.mx>

2 Licenciada en Gastronomía. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. C.P. 29000. Libramiento Norte Poniente 1150. Chiapas, México. <shant_sas@hotmail.com>

Resumen. El *Phaseolus vulgaris* es uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce, y constituye una importante fuente de proteína vegetal, rica en minerales, vitamina B y fibra. El presente proyecto tiene como propósito transformar el frijol *Phaseolus vulgaris*, en base a dos pruebas deshidratadas, a una harina tamizada. Evalúa y analiza la incorporación de ésta a través de productos de repostería adicionados con harina de frijol *Phaseolus vulgaris* (HF). Los dulces fueron elaborados mediante la sustitución de HF en dos proporciones 2,5:10,0 (frijol: trigo) y 1,5:10,0 (frijol: trigo). Se realizó prueba hedónica estructurada de 4 puntos utilizando 115 jueces no entrenados para determinar el grado de aceptación. Los resultados mostraron que los productos son de calidad y con características organolépticas aceptadas, la adición de HF a 1,5:10,00 mostró la preferencia de los jueces y, que la adición de la HF mejoró el valor nutrimental de los productos.

Palabras Clave: leguminosas, análisis sensorial, chimbo, nuégados.

Abstract. *Phaseolus vulgaris* is one of the oldest foods known to man, and it is an important source of vegetable protein, rich in minerals, B vitamins and fiber. This project aims to transform the bean *Phaseolus vulgaris* to sieved flour, based on two dehydrated tests. Evaluates and analyzes the incorporation of this in pastry products added with bean *Phaseolus vulgaris* flour (HF). The sweets were prepared by replacing HF in two proportions 2.5:10.0 (bean:wheat) and 1.5:10.0 (bean:wheat). A 4 points structured hedonic test was made using 115 untrained judges to determine the acceptance degree. The results showed that the products have quality and organoleptic characteristics accepted, the addition of HF to 1.5:10.0 showed the judge preference and that the addition of HF improved the nutritional value of these products.

Key word: Leguminous, sensory analysis, chimbo, nuegados.

INTRODUCCIÓN

El frijol *Phaseolus vulgaris* es la especie más cultivada y consumida en África, India, México y en varios países de América, forma parte de los hábitos alimenticios de las poblaciones, siendo su consumo mayoritariamente en forma de grano integral (Leterme y Muñoz, 2002). Con alto valor nutricional rico en proteínas (16-33%), hidratos de carbono (60-70%), hierro y fibra. México es un país con una amplia diversidad productiva, cultural y gastronómica; los dulces son emblema en representación de sus costumbres alimenticias y forman parte importante dentro de sus tradiciones. Es por ello que el propósito de esta investigación fue elaborar dulces regionales del Estado de Chiapas adicionados con harina de frijol, con el fin de crear una alternativa de productos de calidad y con alto valor proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó frijol *Phaseolus vulgaris* cultivado en Chiapas, México, que fue adquirido en el mercado público Juan Sabinés de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Elaboración de Harina de Frijol *Phaseolus vulgaris* (HF).

Prueba No.1 se reposaron los granos en agua fría durante 4 horas, su cocción fue a presión atmosférica por 30 minutos. Prueba No.2 se cocieron directamente los granos en olla de presión por 30 minutos. Ambas pruebas fueron coladas, los granos cocidos se colocaron sobre bandejas de acero inoxidable y fueron deshidratados por medio de secado por aire caliente de forma continua, cuya temperatura máxima reportada fue de 100° C en un tiempo de 60 minutos. Una vez fríos fueron molidos con una licuadora Profesional Oster de una velocidad, modelo M450-10 por 2 minutos, y la harina obtenida se tamizó utilizando un tamiz marca Mont-inox No. 50, y se trasladó a recipientes herméticos para su mejor conservación.

Elaboración de los dulces tradicionales: Nuégados y Chimbos. Se realizaron dos muestras de cada dulce incorporando la HF: una proporción de 25% a la muestra 1 y 15% a la muestra 2, con respecto a la cantidad de harina de trigo, seguida de los ingredientes para realizar las recetas específicas de los dulces tradicionales de nuégados, chimbos, gaznate, cuerno, ojo de buey y cuadros.

Para el análisis sensorial se aplicó una prueba de aceptación a 115 jueces no entrenados, que consistió en evaluar, de acuerdo a su criterio, si las muestras eran aceptables o rechazables para su consumo. Lo anterior mediante la aplicación de una prueba hedónica (Pedrero y Pangborn, 1989) de cinco puntos, a la que se le asignó una escala numérica, desde 5 (Me gusta) a 1 (No me gusta).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad obtenida en la prueba No.1 no permitió tener fácil manejo de la harina para la elaboración de los dulces, debido al proceso de remojo de los frijoles antes de su cocción. En cambio, la prueba No. 2 fue ideal para la transformación de los dulces ya que el método aplicado ayudó a reducir en mayor cantidad la humedad que ésta adquirió por la cocción. Se obtuvo una harina más fina, de coloración café claro y permitió que los dulces obtuvieran mejor textura, olor y color. Los datos obtenidos de los jueces arrojaron la preferencia de una muestra respecto de la otra (Figura 1) en referencia al porcentaje (%) de HF adicionado, en donde se observa que los dulces con mayor aceptación son el chimbo y el nuégado, y las características organolépticas de los dulces no fueron significativamente afectadas, puesto que predominaron los atributos de los dulces (Figuras 2 y 3).

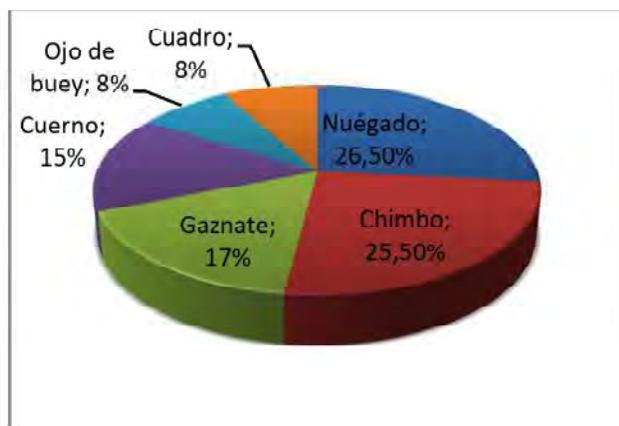


Figura 1. Análisis de mayor aceptación de dulces típicos, adicionados con el 15%.

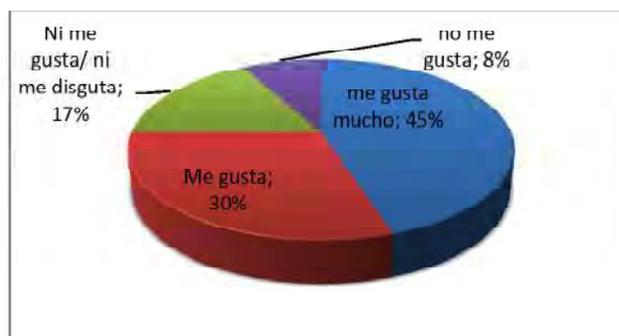


Figura 2. Evaluación de los dulces con 15% de HF, para determinar la textura.

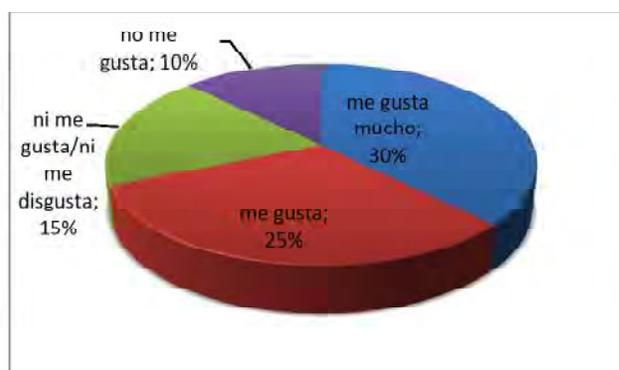


Figura 3. Evaluación de los dulces con 15% de HF, para determinar el aroma.

CONCLUSIÓN

Los valores del grado de aceptación de los dulces adicionados con la harina de frijol *Phaseolus vulgaris* nos indican que ésta harina tiene la capacidad de ser sustituto de la harina de trigo y en combinación crear productos de calidad con valor proteico. Además, de proporcionar un grado de aceptación por el público de la HF (1.5:10.0), respecto a sus características organolépticas, por lo que se podría considerar una opción de nuevas posibilidades de comercialización, a través de nuevos productos. Su vida de anaquel tiene duración mayor a tres meses almacenándola en recipientes herméticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Leterme, P. and L.C. Muñoz. 2002. Factors influencing pulse consumption in Latin America. *British Journal of Nutrition*, 88, Suppl 3, S251-S254.
- Pedrero, D. y R. Pangborn. 1989. *Evaluación Sensorial de los Alimentos, Métodos Analíticos*. Primera Edición. Alhambra Mexicana, México. 251 p.

Efecto Antioxidante del Chocolate Oscuro y sobre el Perfil Lipídico en una Población Sana

Dark Chocolate Consumption Antioxidant Effect and Lipid Profile on a Healthy Population

Mary Lares^{1,2}, Sara Brito³, Elevina Perez⁴ y María Soledad Hernández^{5,6}

1 Universidad Central de Venezuela. Facultad de Medicina. Escuela de Nutrición y Dietética. Caracas Venezuela. <marylares@hotmail.com>

2 Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo". San Martín, Caracas, Venezuela. <marylares@hotmail.com>

3 Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo". San Martín, Caracas, Venezuela

4 Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Calle Suapure, Colinas de Bello Monte, Caracas, Venezuela. <perezee@hotmail.com>

5 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Avenida Vásquez Cobo 14-15, Leticia, Amazonas, Colombia. <mshernandez@unal.edu.co>

6 Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) <mshernandez@unal.edu.co>

Resumen. En este estudio se evaluó el efecto antioxidante del chocolate oscuro (70 % cacao) y sobre el perfil lipídico en una población sana de 12 individuos adultos, evaluados antes y después de consumir 20g/diarios de cacao por 1 semana. A cada sujeto en ayuno se les evaluó colesterol, triglicéridos, HDL, LDL y estrés oxidativo (8-isoprostano). Los resultados solo indican cambios significativos ($p \leq 0,05$) en el marcador de estrés oxidativo 8-Isoprostanos, posiblemente por efecto de los polifenoles presentes (29,99 mg/100 g de chocolate). Se confirma el efecto antioxidante de los componentes del chocolate oscuro tras administrar 20g diarios luego de 1 semana de estudio.

Palabras clave: Cacao, lípidos, estrés oxidativo.

Abstract. The study evaluated the antioxidant effects of dark chocolate (70% cocoa) and the lipid profile in a healthy population of 12 adults assessed before and after consuming cocoa 20g / daily for 1 week. Each fasting subject was evaluated on their cholesterol, triglycerides, HDL, LDL and oxidative stress (8-isoprostane). The results only indicate significant changes ($p \leq 0.05$) in the oxidative stress marker 8-Isoprostanes, possibly by the effect of the polyphenols content (29.99 mg/100 g of chocolate). The antioxidant effect of the components of dark chocolate is confirmed after administration of 20g a day after 1 week of study.

Keywords: Cocoa, lipids, oxidative stress.

INTRODUCCIÓN

Se ha señalado los beneficios del consumo de chocolate oscuro por efecto de los polifenoles y perfil de ácidos grasos presentes en el cacao (Lares, 2012), los cuales retrasan la oxidación de lipoproteína de baja densidad, no alteran al perfil lipídico y reduce la concentración plasmática de F2-isoprostanos (Serafini *et al.*, 2003; Schroeter *et al.*, 2003;

Roura *et al.*, 2007). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto antioxidante del chocolate oscuro, durante 1 semana en una población metabólicamente sana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 12 individuos adultos voluntarios sanos, previa firma del consentimiento informado, y no alérgicos al chocolate, normo pesos y normo tensos, entre 28 a 45 años de la consulta de Endocrinología del Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo". En un estudio aprobado por el Comité de Ética del Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo. Caracas, Venezuela, los individuos fueron evaluados antes y después de consumir por 1 semana 20g/diarios de cacao oscuro al 70%. El chocolate suministrado fue adquirido en la Empresa Oderis, S.A., Venezuela, con 70% de cacao, 30% de azúcares y polifenoles totales de 29,99 mg/100 g de chocolate. A cada individuo se le proporcionó 140g que consistía en una presentación de 14 tabletas, para un consumo diario de 2 tabletas de 10g cada una. A cada sujeto en ayuno de 14 horas se le determinó colesterol total, triglicéridos, colesterol-HDL, y colesterol-LDL por Roche Diagnostico C.A. El 8-Isoprostano, se determinó por kit Comercial de Endogen Human. En un Lector de Microplacas Elisa Biotek Instruments, INC. Se realizó un análisis estadístico descriptivo y ANOVA a una vía ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se observa el efecto del consumo de chocolate oscuro en la población estudiada. Sólo se observó una disminución significativa de 2,83 pg/mL, en los valores 8-Isoprostano. Este compuesto está considerado como un marcador de déficit de antioxidantes y de estrés oxidativo para evaluar patología vascular. La disminución observada

Tabla 1. Evaluación del efecto del consumo de chocolate oscuro en la cuantificación de marcadores lipídicos y de estrés oxidativo en una población sana.

Parámetro laboratorio clínico n= 12	Antes	Después
Colesterol Total (mg/dL)	171,42 ± 23,84a	169,92 ± 20,77a
Triglicéridos (mg/dL)	92,33 ± 39,29 ^a	94,42 ± 43,77 ^a
HDL-Colesterol (mg/dL)	52,08 ± 10,35 ^a	50,17 ± 8,01 ^a
LDL-Colesterol (mg/dL)	105,08 ± 22,53 ^a	103,50 ± 16,94 ^a
8-Isoprostano (pg/mL)	58,20 ± 13,49 ^a	55,37 ± 14,43b
Los resultados están expresados como la media ± desviación estándar. Promedio seguido de letras distintas en la misma fila son significativamente diferentes (p < 0,05).		

se corresponde con lo reportado en la literatura, se atribuye al hecho de que el chocolate oscuro es rico en flavonoides y procianidinas que ejercen fuertes efectos antioxidantes. Resultados semejantes fueron obtenidos por otros investigadores (Wiswedel *et al.*, 2004; Waterhouse *et al.*, 1996). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en el perfil lipídico (colesterol total, triglicéridos, colesterol-HDL y colesterol-LDL) antes y después del consumo de chocolate oscuro. Sin embargo, se denota un ligero descenso en el colesterol total, posiblemente debido a que la manteca presente es una grasa vegetal que contiene un promedio de 33% de ácido oleico mono-insaturado y el 33% de ácido esteárico. En general, el ácido esteárico no baja la lipoproteína de alta densidad (HDL), ni aumenta el colesterol LDL o total (Mensink *et al.*, 2003). Diversos estudios señalan el efecto beneficioso del consumo de chocolate oscuro en el perfil lipídico (Mursu *et al.*, 2004; Baba *et al.*, 2007 a y b).

CONCLUSIÓN

Los marcadores lipídicos, permanecieron inalterados en la población estudiada. Asimismo se observó una disminución estadísticamente significativa, de los valores 8-Isoprostano. Por lo cual se concluye el efecto antioxidante de los componentes del chocolate oscuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Baba, S., N. Osakabe, Y. Kato, M. Natsume, A. Yasuda, T. Kido, K. Fukuda, Y. Muto and K. Kondo. 2007. Continuous intake of polyphenolic compounds containing cocoa powder reduces LDL oxidative susceptibility and has beneficial effects on plasma HDL-cholesterol concentrations in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 85(3): 709-17.
- Baba, S., M. Natsume, A. Yasuda, Y. Nakamura, T. Tamura, N. Osakabe, M. Kanegae and K. Kondo. 2007. Plasma LDL and HDL cholesterol and oxidized LDL concentrations are altered in normo- and hypercholesterolemic humans after intake of different levels of cocoa powder. *The Journal of Nutrition* 137(6): 1436-41.
- Lares M. 2012. Caracterización del cacao y su manteca durante el beneficio y evaluar el efecto del consumo de chocolate oscuro sobre marcadores de riesgo cardiovascular en una población sana. Trabajo de Ascenso. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Mensink, R., P. Zock, A. Kester and M. Katan. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition* 77(5): 1146-55.
- Mursu, J., S. Voutilainen, T. Nurmi, T.H. Rissanen, J.K. Virtanen, J. Kaikkonen, K. Nyyssönen, and J.T. Salonen. 2004. Dark chocolate consumption increases HDL cholesterol concentration and chocolate fatty acids may inhibit lipid peroxidation in healthy humans. *Free Radical Biology and Medicine* 37(9): 1351-9.
- Roura, E., C. Lacueva, R. Estruch, M. Mata, M. Izquierdo, A. Waterhouse and R. Lamuela. 2007. Milk does not affect the bioavailability of cocoa powder flavonoid in healthy human. *Annals of Nutrition and Metabolism* 51(6): 493-8.
- Schroeter, H., R. Holt, T. Orozco, H. Schmitz and C. Keen. 2003. Nutrition: milk and absorption of dietary flavanols. *Nature* 426(6968): 787-8.
- Serafini, M., R. Bugianesi, G. Maiani, S. Valtuena, S. De Santis and A. Crozier. 2003. Plasma antioxidants from chocolate. *Nature* 424(6952): 1013.
- Waterhouse, A., J. Shirley and J. Donovan. 1966. Antioxidants in chocolate. *Lancet* 348 (9030): 834.
- Wiswedel, I., D. Hirsch, S. Kropf, M. Gruening, E. Pfister, T. Schewe and H. Sies. 2004. Flavanol-rich cocoa drink lowers plasma F(2)-isoprostane concentrations in humans. *Free Radical Biology and Medicine* 37(3): 411-21.

Desarrollo de Una Fórmula Infantil Líquida, Fortificada a Base de Leche Entera de Vaca

Fortified Infant Liquid Formula Development Based on Whole Cow Milk, and its Effect On Infants Growth

Beatriz Estella López Marín¹, Julie Maritza Álvarez Rivera² y Luz Marina Carvajal³

1 Profesora. Universidad de Antioquia. Escuela de Nutrición. Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. beatrizestella@gmail.com

2 Magister. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia.

3 Profesora Titular. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos.

Resumen. El objetivo del trabajo fue diseñar y desarrollar dos nuevas fórmulas líquidas para lactantes, que aporten los requerimientos diarios de macronutrientes y fortificadas con algunos micronutrientes, a partir de leche de vaca (LV) y pasteurizada. Para el diseño nutricional del producto, se empleó LV, maltodextrina, aceite vegetal y micronutrientes aminoquelados, pasteurizador, homogenizador, acumulador de hielo y caldera, la línea de proceso fue en sistema cerrado y el envasado se hizo de forma manual. Se desarrollaron las fórmulas para lactantes a partir de LV y otros ingredientes, con un adecuado aporte nutricional de proteína, hierro, calcio y zinc y con características sensoriales y microbiológicas bajo los criterios de calidad e inocuidad exigidos por la reglamentación internacional y nacional. La leche modificada cumple con los estándares de calidad establecidos y es apta para el consumo.

Palabras clave: Fórmula infantil, leche entera de vaca, lactante, lactancia, alimentos para bebés.

Abstract. The aim was design and develop two new liquid infant formulas which provide the daily requirement of fortified macronutrients and micronutrients from cow's milk (CM) and pasteurizada. The product was designed with CM, maltodextrin, vegetal oil and amino chelated micronutrients, pasteurizer, homogenizer, ice accumulator and Caldera, the process line was closed and packaging system was manual. It was developed an infant formula from CM and other ingredients with adequate nutritional intake of protein, iron, calcium and zinc as well as sensory and microbiological features under the criteria of quality and safety required by international and national regulations. The modified milk meets the quality standards and it is suitable for consumption.

Key words: Infant formula, whole cow's milk, infant feeding, food for babies.

INTRODUCCIÓN

La leche materna (LM) es el alimento idóneo para el recién nacido (Prentice, 1996; Macías *et al.*, 2006; American

Academy of Pediatrics, 2012; Díaz y Soler, 2013; Mota *et al.*, 2011; Terrero *et al.*, 2010), sin embargo, hay situaciones en las cuales no es posible suministrarla (López *et al.*, 2013). En la reunión de expertos en alimentación del lactante (OPS, OMS y CESNI, 1993) se acordó que cuando sea imposible alimentar a un lactante con LM, se deben usar sucedáneos con alto valor nutritivo como las fórmulas infantiles (FI), las cuales, actualmente son muy costosas, como segunda opción se propuso leche de vaca (LV), diluida y fortificada. Debido al alto costo de las FI, la mayoría de las madres alimentan a los bebés con LV sin modificar que tampoco es apta para el lactante (OPS, OMS y CESNI, 1993). Lo anterior describe un problema nutricional y social para el lactante. Objetivo: desarrollar dos Nuevas Fórmulas Infantiles Líquidas (NFIL) para niños entre los 0 – 5 meses y de 6 - 12 meses de nacido que les aporte los requerimientos diarios de macronutrientes y algunos micronutrientes (ácido fólico, zinc, calcio y hierro), a partir de LV, higienizada por pasteurización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño nutricional de las dos NFIL, se basó en el Codex Alimentarius y la Resolución 11488 de 1984, se utilizó LV, maltodextrina, aceite vegetal y micronutrientes aminoquelados. Los ingredientes se mezclaron y se llevaron a pasteurización, se envasado manualmente y se almacenó en refrigeración, a las NFIL se les realizaron: pruebas microbiológicas, sensoriales y bromatológicas. Diseñadas las NFIL se verificó su efecto en 7 lactantes menores de 10 meses quienes recibieron la leche durante 60 días. A los bebés se les practicó prueba de hemoglobina (HGB) y hematocrito (HCT) antes del tratamiento y al final para determinar el efecto nutricional del hierro, uno de los micronutrientes de mayor importancia en el desarrollo cognoscitivo y físico para los lactantes. Se consideraron valores normales para HGB entre 9–14,6 g/dL y para HCT entre 34–38%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microbiológicamente las dos NFIL cumplen con las especificaciones establecidas en la normativa como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados microbiológicos para la fórmula para lactantes.

Parámetro	Resultados (días)		
	3	6	11
Recuento de Aerobios Mesófilos UFC/g	110	160	300
Recuento de Mohos y Levaduras UFC/g	<10	<10	<10 mohos 20 levaduras
NMP de Coliformes Totales NMP/g	<3	<3	<3
NMP de Coliformes Fecales NMP/g	<3	<3	<3
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa (+) UFC/g	<100	<100	<100
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/g	<100	<100	<100
Detección de <i>Salmonella spp</i> /25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Prueba realizada por la Fundación INTAL.

La evaluación sensorial reporta que la calidad y aceptación del producto fue alta para todos los jueces (Dato no reportado); los resultados bromatológicos (Tabla 2), muestran que las NFIL cumplen con lo establecido por la Resolución 11488 y el Codex (Ministerio de Salud, 1984), sin embargo en el contenido de grasa las NFIL tiene 0,5 gramos por encima del valor máximo indicado en las normas y los carbohidratos de la formulación de 6 a 12 meses están por debajo del límite mínimo establecido

por el Codex. Los demás nutrientes calcio, hierro y zinc, están por encima del límite mínimo señalado en ambas normas, sin sobrepasar los límites máximos, estos datos indican que los productos cumplen en gran parte con los requisitos técnicos nutricionales establecidos.

Los resultados bioquímicos exponen que la HGB se mantuvo dentro de los rangos de normalidad (9–14,6g/dL), ningún bebé presentó anemia por consumir este producto (Tabla 3).

Si bien el 100% de los carbohidratos no son lactosa, la combinación de esta con dextrinomaltosa, tiene efectos favorables en la alimentación del lactante; la lactosa proveniente de la leche, permite al lactante continuar recibiendo todos los efectos benéficos de esta (Unicef, 1995) y con el aporte de la dextrinomaltosa se tiene un sabor levemente dulce, evitando que el lactante se acostumbre rápidamente a este tipo de gusto (Villacrés *et al.*, 2003). La LV sin modificar para alimentar lactantes, tiene una alta cantidad proteica, aspecto que se relaciona con sobrecarga renal, obesidad y sobrepeso (Koletzko *et al.*, 2009); las NFIL contienen la cantidad de proteína adecuada para la edad del bebé, elemento favorable en su crecimiento y función renal (Universidad de Chile, 2014). La absorción de las grasas de las NFIL puede ser mejor ya que el alimento contiene grasa láctea y vegetal, igualmente la absorción de los micronutrientes, estos debido a que el calcio del producto es orgánico al provenir de la LV, cuya biodisponibilidad es en promedio del 40% (Rodríguez, 2011) y aunque no es igual a la de la LM es mucho mayor que la de algunos otros compuestos empleados para fortificar. El zinc y el hierro adicionados son de tipo aminoquelado cuya absorción se ha visto es mayor (Valencia *et al.*, 2011; Haro, 2006), los productos además ayudan a prevenir y/o mejorar la hemoglobina y el hematocrito en esta población.

Tabla 2. Contenido de nutrientes que deben tener las FI según regulaciones (internacional y nacional) y las NFIL según resultado reportado por el laboratorio, en 100 mL de producto.

Componente nutricional	Unidad	Valor laboratorio Fórmula de 0-5 meses	Valor teórico Fórmula De 0-5 meses	Valor laboratorio Fórmula de 6-12 meses	Valor teórico Fórmula De 6-12 meses	CODEX		Resolución 11488/84	
						Min	Max	Min	Max
Proteína	%	2,0	2,0	2,3	2,3	1,2	2,1	1,2	2,7
Grasa	%	4,8	4,2	4,8	4,4	2,9	4,0	2,2	4,0
Carbohidratos	%	7,2	10,3	5,4	8,5	6	9,4	NE*	NE
Calcio	mg/100ml	98,5	72	82,8	83,6	34	-	34	-
Hierro	mg/100ml	0,68	0,7	0,9	0,7	0,3	-	0,1	-
Zinc	mg/100ml	1,31	0,3	2,0	0,6	0,34	-	0,34	-

E: No específica.

Tabla 3. Datos de HGB y HCT en 7 lactantes que consumieron las leches diseñadas.

Parámetro	Bebe 001		Bebe 002		Bebe 003		Bebe 004		Bebe 005		Bebe 006		Bebe 007	
	Dato 1	Dato 2												
Hemoglobina	9,9	11,32	10,72	11,22	10,42	10,92	11,8	11,6	12,2	12,4	12,1	12,6	11,5	11,5
Hematocrito	30,92	34,62	33,12	34,12	34,12	34,92	34,5	34,8	35,1	35,9	34,7	36,7	33,9	33,8

CONCLUSIÓN

Se desarrollaron dos fórmulas para lactantes listas para el consumo, con un adecuado aporte nutricional y características sensoriales y microbiológicas óptimas, por lo tanto, estas pueden ser una alternativa de alimentación segura para esta población tan vulnerable nutricionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

- American Academy of Pediatrics. 2012. Breastfeeding and the Use of Human Milk. Pediatrics.
- Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. 2014. Valor Nutricional de las Proteínas. En: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/penacchiotti01/capitulo07/01.html; consulta: febrero 2014.
- Colombia. Ministerio de Salud. 1984. Resolución 11488 de 1984, agosto 22, por la cual se dictan normas en lo referente a procesamiento, composición, requisitos y comercialización de los alimentos infantiles, de los alimentos o bebidas enriquecidos y de los alimentos o bebidas enriquecidos y de los alimentos o bebidas de uso dietético.
- De la Mota, C. C., B.H. Velasco, G. Chulen, M.C. García y M.S. Bayle. 2011. Asociación entre alergia e intolerancia a proteínas de leche de vaca y enterocolitis hemorrágica en el primer mes de vida. *BOL PEDIATR* 51: 165-168.
- Díaz, O. y M.L. Soler. 2013. Aspectos epidemiológicos relacionados con la lactancia materna durante el primer año de vida. *Revista Cubana de Medicina General Integral* 18(3): 183-186.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 1995. La leche humana, composición, beneficios y comparación con la leche de vaca. En: <http://www.unicef.cl/lactancia/docs/mod01/Mod%20beneficios%20manual.pdf>; consulta: febrero 2014.
- Haro-Vicente, J. F. 2006. Biodisponibilidad de diferentes compuestos de hierro añadidos a un néctar de frutas funcional. Interacción con las vitaminas y Fructo-oligosacáridos. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Murcia. España. 228-250 p.
- Koletzko, B., R. Kries, R. Closa, J. Escribano, S. Scaglioni, M. Giovannini, J. Beyer, H. Demmelmair, D. Gruszfeld, A. Dobrzanska, A. Sengier, J.P. Langhendries, M.R. Rolland and V. Grote. 2009. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: a randomized clinical trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 89(6): 1836-1845.
- López, M., E. Beatriz, G. Martínez, J. Leidy, L. Zapata y J. Natalia. 2013. Motivos del abandono temprano de la lactancia materna exclusiva: un problema de salud pública no resuelto en la ciudad de Medellín. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 31(1): 117-126.
- Macías, S.M, S. Rodríguez y P.A Ronayne. 2006. Leche materna: composición y factores condicionantes de la lactancia. *Archivos Argentinos de Pediatría* 104(5): 423-430.
- OPS, OMS y CESNI. 1993. La alimentación del niño menor de 6 años en América Latina. Bases para el desarrollo de Guías de Alimentación. En: Informe de la Reunión Taller Celebrado en la Isla de Margarita.
- Prentice, A. 1996. Constituents of human milk. *Food and Nutr Bull* (17): 305-315.
- Rodríguez, M. 2011. Estudio del metabolismo mineral y enzima antioxidante durante la evolución de una anemia ferropénica nutricional. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. España.
- Terrero, E.O., J.L. Álvarez, J. Novás and M. Ferrer. 2010. Lactancia materna y su relación con el exceso de peso corporal en adolescentes de secundaria básica. *Revista Cubana de Medicina General Integral* 26(1): 14-25.
- Valencia, F. E., R. Morales, M. Orfilia y D.P Cardona. 2011. El calcio en el desarrollo de alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación* 8(1): 104-116
- Villares, J. M., L.O. Leal y M.G. Segovia. 2003. Cómo enriquecer la alimentación del lactante: uso de los módulos nutricionales. *Acta Pediátrica Española* 61(8): 406-412.

Identificación de Genotipos de Zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) por Contenido de Carotenoides y Almidón

Genotype Identification in Butternut Squash (*Cucurbita moschata* Duch.) By Starch and Carotenoids Content

Jorge L. Luna M.^{1*}, María del Mar Méndez², Franco A. Vallejo C³, Magda P. Valdés R⁴ y Sanín Ortiz C⁵.

1 Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cra 32 # 12-00 Chapinero, Palmira, Valle. * Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: <jllunam@unal.edu.co>

2 Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

3 Profesor titular. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cra 32 # 12-00 Chapinero, Palmira, Valle. <fvallejoc@unal.edu.co>

4 Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias

5 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cra 32 # 12-00 Chapinero, Palmira, Valle. <sortizg@unal.edu.co>

Resumen. La agroindustria alimentaria requiere de fuentes alternativas en recursos energéticos y que sean ricos en compuestos nutricionales. La variabilidad fenotípica de la especie *Cucurbita moschata* Duch, favorece la selección de genotipos sobresalientes para la agroindustria. El objetivo de este trabajo fue determinar los posibles usos de 77 genotipos de zapallo en términos de materia seca en fruto (MSF), contenido de almidón (CA en MSF) y contenido total de carotenoides (CTC). Se determinó MSF según la AOAC, y se cuantificó el contenido de almidón y CTC por espectrofotometría. La MSF osciló entre 13,92 – 30,65 %; CA en MSF entre 42,33-72,04 % y CTC entre 14,74-355,89 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ MSF. Se identificaron 3 grupos de genotipos de zapallo, con posibilidad de ser usados en alimentación animal o humana, de acuerdo a la concentración macromolecular evaluada.

Palabras clave: Materia seca en fruto, genotipos, variabilidad, color de pulpa.

Abstract. Food agribusiness requires alternative sources in energy resources and them to have nutritional compounds. The phenotypic variability of the species *Cucurbita moschata* Duch, favors the selection of genotypes for agribusiness. The aim of this study was to determine the possible uses of 77 butternut squash genotypes in terms of dry matter in fruit (DMF), starch content (SC in DMF) and total content carotenoids (TCC). DMF were determined according to the AOAC, TCC and SC was quantified by spectrophotometry. The DMF ranged between 13.92 to 30.65%, SC in DMF between 42.33% to 72.04% and TCC between 14.74 to 355.89 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Three groups of butternut squash genotypes were identified, with option to be used in animal or human consumption, according to the macromolecular concentration evaluated.

Keywords: dry matter in fruit, genotypes, variability, flesh color.

INTRODUCCIÓN

El género *Cucurbita* presenta alta diversidad fenotípica en forma, tamaño, color de frutos, espesor de pulpa, color de pulpa, materia seca en fruto (MSF), CA en MSF y contenido total de carotenoides (CTC); características importantes, para direccionar su potencial agroindustrial (Ortiz, 2009).

La MSF de zapallo presenta altas concentraciones de carotenoides (Azevedo *et al.*, 2007), sin embargo, en su mayoría los genotipos presentan baja materia seca en fruto (Ortiz, 2009). El objetivo de esta investigación fue determinar los posibles usos de 77 genotipos de zapallo, a partir de su caracterización, en términos de contenido de MSF, CA en MSF y CTC en harina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se emplearon 77 genotipos de *Cucurbita moschata* Duch, de la colección de Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. De cada genotipo se cosecharon en madurez fisiológica tres frutos de diferentes plantas, para los análisis.

Análisis de materia seca en fruto (MSF). Se tomaron tres muestras de la zona ecuatorial de cada fruto y se determinó la MSF de acuerdo a la AOAC (1990).

Determinación del color de pulpa. Se empleó la escala del Abanico Colorimétrico Roche (Yolk Colour Fan), la cual va de 1 a 15.

Obtención de Harinas. 100g de pulpa se secaron a 40°C por 48 horas; seguido de molienda y tamizado, obteniendo un total de 231 muestras tamizadas, las cuales se emplearon en los análisis.

Análisis del contenido de almidón. Se empleó la metodología reportada por Faisant *et al.*, (1995), basada en la gelatinización y dispersión del almidón en KOH, seguida por hidrólisis con amiloglucosidasa y determinación de glucosa con GOD-PAP. Cada muestra se cuantifica por espectrofotometría a 500 nm, utilizando la siguiente ecuación.

Dónde: Ab (Absorbancia de la muestra); Vt (Volumen de solución); C (concentración mg glucosa/mL estándar); D (factor de dilución); Abst (absorbancia del estándar); P (peso de muestra).

$$\% AL = \frac{Ab \times Vt \times C \times D \times 100 \times 0,9}{Abst \times P}$$

Cuantificación de carotenos totales. Se determinó el CTC empleando el método descrito por (Chávez *et al.*, 2005), mediante espectrofotometría a 450 nm, y usando el coeficiente de absorción del β-caroteno en éter de petróleo (2592), mediante la siguiente ecuación, empleando 100 mg de harina.

$$CTC \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{Abs \times mL \times 10000}{2592 \times P}$$

Dónde: Abs (Absorbancia de la muestra); mL (Volumen final); P (peso de la muestra).

Análisis Estadístico. Para cada genotipo, los valores promedios de los tres análisis realizados, se emplearon para el análisis estadístico con el software SAS versión 3.1 2013. Se utilizaron los procedimientos MEANS, CORR (correlación de PEARSON) y CLUSTER.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró amplia variabilidad en el contenido de MSF y CTC, presentando valores mínimos de 13,92% y 14,74 μg.g⁻¹, respectivamente y máximos de 30,65% y 355,89 μg.g⁻¹, como se presenta en la Tabla 1. El mayor coeficiente de variación se presentó en el CTC con 75,21. Los promedios de CTC presentaron valores cercanos a los reportados por Jaeger *et al.*, (2012) que encontró para zapallo entre 234,21 y 404,98 μg.g⁻¹.

Aunque la variación del CA fue más estrecha, se observó que para los genotipos evaluados, hay un rango de 42,33% a 72,04% de CA en MSF.

Tabla 1. Estadística descriptiva para 77 genotipos de *Cucurbita moschata* Duch.

	Media	Mínimo	Máximo	CV
% MSF	21,16	13,92	30,65	15,58
Color de Pulpa	11,30	8	15	11,22
% CA en MSF	59,25	42,33	72,04	11,64
CTC (μg/g)	103,49	14,74	355,89	75,21

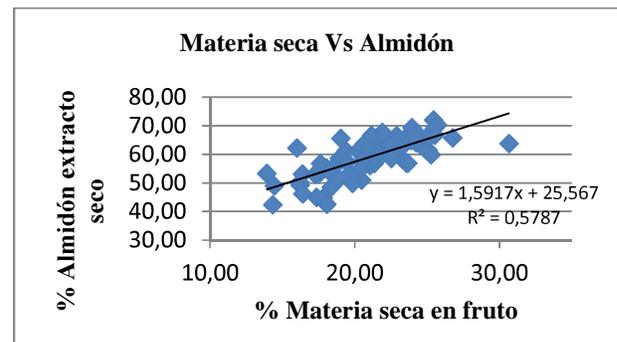


Figura 1. Relación entre la MSF y el contenido de almidón.

Tabla 2. Coeficiente de correlación de PEARSON presentados entre las variables evaluadas.

	MSF	Color de Pulpa	% CA en MSF	CTC
MSF	1	0,27136	0,76078**	-0,0677
Color de Pulpa		1	0,02414*	0,21296
% CA en MSF			1	-0,2434
CTC				1

*Significativo; **Altamente Significativo

Se encontró una correlación positiva entre el contenido de MSF y el CA en MSF, como se presenta en la Figura 1. Aunque el coeficiente de determinación de la figura 1, fue bajo (0,5787), se logró obtener un coeficiente de correlación de PEARSON alto 0,76; debido a que el procedimiento CORR emplea promedios estandarizados entre las variables CA en MSF (%) y MSF (%) siendo la única correlación altamente significativa, indicando que el grado de asociación de las dos variables fue de 76%, como se presenta en la Tabla 2.

Estos resultados difieren a los reportados por Ortiz (2009) quien reportó una correlación del 93,8% entre las dos variables. La correlación negativa (-0,2434) (p < 0,03) entre CA y CTC, indica

que a medida que se incrementa el CA en fruto, se disminuye el CTC. Se lograron establecer tres grupos de genotipos mediante el análisis de CLUSTER, cuya distribución de los genotipos en los grupos se debe específicamente al CTC; como se observa

Tabla 3. Media de características por grupo.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
# Genotipos	33	32	12
MSF (%)	20,91	21,6	20,69
Color de pulpa	11,3	11,1	11,7
% CA en MSF	57,14	61,91	57,96
CTC ($\mu\text{g/g}$)	114,19	37,7	249,48

en la Tabla 3.

También se observó que el contenido de almidón se mantiene prácticamente estable con respecto a la concentración de carotenoides, solo una diferencia de cuatro puntos se presentó entre la menor y mayor concentración.

CONCLUSIÓN

La variable CTC, fue la de mayor variación y permitió clasificar los genotipos en tres grupos, en el grupo 1 se ubican los genotipos con posibilidad de uso en la producción de alimentos balanceados tanto a nivel humano como animal. En el 2 aquellos genotipos que se destinarían a la obtención de almidón nativo y por último el 3 con potencial para la producción de harina de zapallo como fuente de colorante natural ó aditivo en alimentos procesados.

Influencia de Diferentes Emulsificantes en las Características Texturales de Pan Libre de Gluten

Influence of Different Emulsifiers on the Textural Characteristics of Gluten Free Bread

Fernán Martínez-Jiméne¹, Eduardo Rodríguez-Sandoval² y María Soledad Hernández³

1 Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de ciencias agrarias. Departamento de ingeniería agricultura y de alimentos. <fernandavidm@gmail.com>

2 Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de ciencias agrarias. Departamento de ingeniería agricultura y de alimentos. <edrodriguez@unal.edu.co>

3 Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. <mshernandez@unal.edu.co>

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar las propiedades texturales de un pan libre de gluten empleando un diseño central compuesto centrado de dos factores, % de carboximetilcelulosa sodica–CMC–(1 y 3%) yagua (80 y 90%). Todos los factores fueron significantes para la fuerza de la miga; en cuanto a la elasticidad, el % de CMC y la

interacción de cada factor fueron significantes; mientras que para la dureza la interacción de los factores es significantes; y para la cohesividad el único factor significativo fue el % CMC. La inclusión de mayores concentraciones de CMC generan productos libres de gluten con mayor firmeza, cohesividad, elasticidad y dureza, donde la combinación

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y al Grupo de Investigación Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed., Arlington, Virginia, USA. Método número 934.01.
- Azevedo-Meleiro, C.H. and D.B. Rodriguez-Amaya. 2007. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among Cucurbita moschata, Cucurbita maxima and Cucurbita pepo. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55(10): 4027-4033.
- Chávez, A.L., T. Sánchez, G. Jaramillo, J. Bedoya, J. Echeverry, E.A. Bolaños, H. Ceballos and C.A. Iglesias. 2005. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. Euphytica, 143(1-2): 125-133.
- Faisant, N., V. Planchot, F. Kozłowski, M.P. Pacouret, P. Colonna and M. Champ. 1995. Resistant starch determination adapted to products containing high level of resistant starch. Sciences des aliments 15(1): 83-89.
- Ortiz, G.S. 2009. Estudios genéticos en caracteres relacionados con el rendimiento y calidad del fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch para fines agroindustriales. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias con énfasis en Mejoramiento de Plantas. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 206 pp.
- De Carvalho, L.M.J., P.B. Gomes, R.L.D.O. Godoy, S. Pacheco, P.H.F. do Monte, J.V.L. de Carvalho, J. L. V. N.M. Regini, N.A.C. Lima, A.V.A.C. Rodrigues, R.R.S. Rabelo. 2012. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. Food Research International 47(2): 337 - 340.

de 3% de CMC y 85% de agua, presentan características texturales apropiadas.

Palabras clave: Celiacuía, almidón, carboximetilcelulosa, textura.

Abstract. The aim of this study was to determine the textural properties of gluten-free bread using a central composite design focused on two factors, % sodium carboxymethylcellulose, CMC (1 and 3%) and water (80 and 90%). All factors were significant to the crumb firmness, as to the elasticity, the % CMC and the interaction of each factor was significant, whereas for the hardness, the interaction of the factors was significant, and for the cohesiveness the only significant factor was % CMC. Adding higher concentrations of CMC generate gluten free products more firmness, cohesiveness, elasticity and harder, wherein the combination of 3% CMC and 85% water, exhibit suitable textural characteristics.

Key Words: Celiac disease, starch, carboxymethylcellulose, texture.

INTRODUCCIÓN

La demanda de los productos libres de gluten (GF) se debe al aumento de la enfermedad celiaca o a otras reacciones alérgicas al consumo de gluten. El único tratamiento efectivo para la enfermedad es una dieta estricta sin gluten durante toda la vida (Lazaridou *et al.*, 2007; Arendt *et al.*, 2008). La sustitución de la matriz de gluten en los procesos de panificación representa un desafío tecnológico, dado que atribuye características reológicas deseables al pan (Lazaridou *et al.*, 2007). Para la producción de éstos se necesita almidones, proteínas y sustancias poliméricas que imiten el gluten (Arendt *et al.*, 2008). Los panes GF hechos a partir de harina de arroz, metilcelulosa (MC) y agar-agar presentan alta porosidad y miga no homogénea. Los realizados con goma xanthan, CMC, xanthan-guar, xanthan-algarrobo y hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) muestran miga uniforme (Demirkesen *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue determinar las propiedades texturales

de un pan GF elaborado a partir de la mezcla de harinas y almidones empleando diferentes concentraciones de CMC y agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la formulación del pan GF se emplearon harina de arroz blanco, almidón de yuca expandex®, almidón de maíz, aislado de proteína de soya, CMC, ésteres de ácido diacetil tartárico de monoglicéridos (DATEM), azúcar, sal, levadura instantánea, margarina, propionato de calcio y agua.

Elaboración del pan. Se mezcló las harinas durante 2 min. Después se incorporó azúcar, sal, propionato de calcio, DATEM y CMC, se disolvió la levadura en agua y se adicionó a la mezcla con la margarina y se mezcló durante 2 min más; por último, se adicionó el agua restante y se mezcló por 4 min hasta obtener una masa homogénea. El moldeado se realizó en recipientes de aluminio engrasados. En cada recipiente se depositó en forma uniforme 280g de masa. Se fermentó durante 30 min a una humedad relativa de 80%. Las masas fermentadas se hornearon en un horno de gas a 200°C durante 25 min. La firmeza de la miga, cohesividad, dureza y elasticidad de las muestras se determinaron empleando un analizador de textura (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, U.K.). Las pruebas se realizaron de acuerdo al método AACC 74-09 (AACC, 1983).

Análisis estadístico. Los datos experimentales se analizaron mediante un análisis de varianza. Para el manejo de los datos se empleó el software Design Expert versión 8.0.6, aplicando un diseño central compuesto (CCD) centrado en la cara con 8 puntos no centrales y 5 puntos centrales, con un nivel de confianza del 5% y de dos factores (% de CMC y % de agua), cada factor con dos niveles (1 y 3%, y 80 y 90%, respectivamente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta las superficies de respuesta para la fuerza de la miga, dureza y cohesividad, las cuales se ajustaron a un

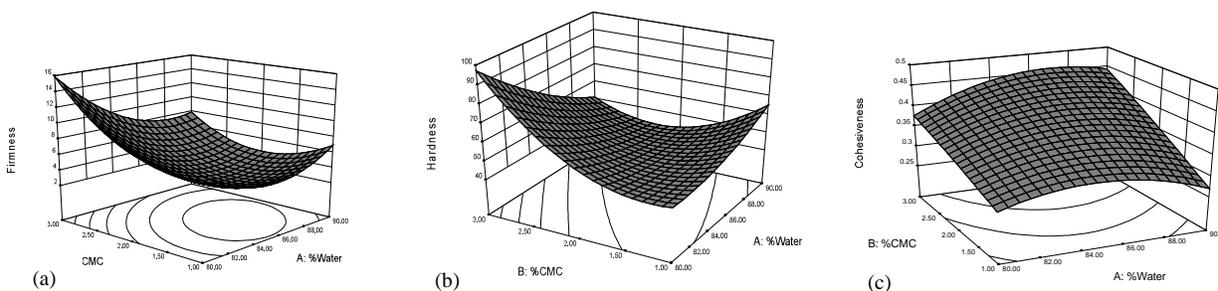


Figura 1. Propiedades texturales de pan libre de gluten. (a) firmeza de la miga, (b) dureza y (c) cohesividad.

modelo cuadrático. Para la fuerza de la miga todos los factores fueron significantes al igual que la interacción entre éstos; el % CMC es significativo en el caso de la elasticidad, al igual que la interacción de cada factor; para la dureza los factores por separados no son significantes; sin embargo, la interacción de éstos sí lo son; y para la cohesividad el único factor significativo fue el % de CMC. La mayor firmeza de la miga se presentó con una concentración de 3% en CMC y 80% de agua. Estos resultados concuerdan con los reportados por Lazaridou *et al.* (2007), donde a menor cantidad de agua la masa presentaba un aumento de la firmeza de la miga. En otros estudios se ha encontrado resultados semejantes (Mohammadi *et al.*, 2013; Onyango *et al.*, 2009). Se considera que el CMC atribuye propiedades mecánicas sobre la estructura de pan libre de gluten asociada a un aumento de la rigidez como resultado de la disminución de la hinchazón de los gránulos de almidón y la reducción del lixiviado de amilosa (Mohammadi *et al.*, 2013). El agua es el factor de menor impacto en la firmeza porque los constituyentes de la masa (diferentes almidones, aislado de proteína de soya, lípidos, hidrocoloides y carbohidratos) compiten por el agua disponible, lo que ocasiona que las interacciones de agua-CMC no se den en su totalidad. (De la Hera *et al.*, 2014). La mayor elasticidad de las muestras se presentó con una concentración de CMC de 2% y 85% de agua, la menor se presentó con 90% de agua y 1% de CMC. Estos resultados concuerdan con los reportados por Arendt *et al.*, (2008) y Lazaridou *et al.*, (2007) donde describen que la mayor elasticidad se da con una concentración de 2% de CMC. El aumento en la elasticidad de la masa refleja el grado de unión entre los elementos estructurales, por lo tanto, valores altos de elasticidad implican una menor deformación o ruptura de la red de material compuesto (Onyango *et al.*, 2009). La mayor cohesividad se presentó con 3% de CMC y 90% de agua, y la menor se presentó con 1% de CMC y 80% de agua. Este parámetro refleja la cohesión interna del material, lo que indica que un pan con alta cohesividad es deseable ya que forma una masa en lugar de desintegrarse durante el proceso de masticación. En otros estudios se ha encontrado que la cohesividad del producto aumenta a medida que se incrementa la cantidad de agua en la formulación, entre el rango de 70-80% de humedad, lo cual es congruente con lo encontrado en este estudio, y en valores superiores al 85% de humedad se reporta una disminución en la cohesividad (De la Hera *et al.*, 2014). La mayor dureza de la miga se presentó con 3% de CMC y 80% de agua, y la menor se registró con el nivel medio de CMC (2%) y agua (85%). El CMC es el factor más influyente en la dureza de la miga y concuerda con el resultado del modelo cuadrático. Según (Hager *et al.*, 2013) el agua no

tiene un efecto significativo, pero la interacción agua-CMC sí es significativa, esto se da por la alta afinidad del CMC a ligar agua (Onyango *et al.*, 2009; Arendt *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

Bajo los resultados obtenidos se concluye que la inclusión de mayores concentraciones de CMC (3%) generan productos GF con mayor firmeza, cohesividad, elasticidad y dureza, donde la combinación de 3% de CMC y 85% de agua podría utilizarse para elaborar pan GF con unas características adecuadas.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1983. Approved Methods of the AACC, 10th ed. AACC (American Association of Cereal Chemists), St Paul, MN, USA.
- Arendt, E. K., A. Morrissey, M.M. Moore and F. Dal Bello. 2008. 13 - Gluten-free breads. In K. A. Elke & B. Fabio Dal (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (pp. 289-VII). San Diego: Academic Press.
- De la Hera, E., C.M. Rosell and M. Gomez. 2014. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry* 151: 526-531.
- Demirkesen, I., S. Kelkar, O.H. Campanella, G. Sumnu, S. Sahin and M. Okos. 2014. Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography. *Food Hydrocolloids* 36: 37-44.
- Hager, A.S. and E.K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids* 32(1): 195-203.
- Lazaridou, A., D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc and C.G. Biliaderis. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering* 79(3): 1033-1047.
- Mohammadi, M., N. Sadeghnia, M.H. Azizi, T.R. Neyestani and A.M. Mortazavian. 2013. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- Onyango, C., G. Unbehend and M.G. Lindhauer. 2009. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. *Food Research International* 42(8): 949-955.

Polifenoles y Actividad Antioxidante en Extracto de Murtilla Obtenido por Condensación de Vapor

Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Condensed Steam Juice Extract of Murtilla

Karen Mathias-Retti¹, Kong Ah-Hen², Ociel Muñoz³ y Roberto Lemus-Mondaca⁴

1 Ingeniera Candidata a Magister en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. <k.mathias.rettig@gmail.com>

2 Doctor.-Ing. Universidad Austral de Chile. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. <kshun@uach.cl>

3 Doctor. Universidad Austral de Chile. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. <ocielmunoz@uach.cl>

4 Doctor. -Ing. Universidad de la Serena. Departamento de Ingeniería en Alimentos. La Serena, Chile. <rlemus@userena.cl>

Resumen. Los jugos de bayas congeladas de murtilla (*Ugni molinae* Turcz), extraídos por condensación en un extractor de jugo a vapor, fueron analizados por los contenidos de polifenoles y sus capacidades antioxidantes en muestras almacenadas a tres temperaturas (5, 20 y 35°C). Los análisis de los extractos fueron realizados en triplicado en distintas instancias durante un periodo de 35 días. Los polifenoles fueron analizados por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, mientras que la actividad antioxidante fue determinada por la decoloración de radicales libres de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Los contenidos de polifenoles en los jugos de los distintos tiempos de extracción fueron significativamente diferentes, siendo mayor en los jugos de 30 min de extracción y menor en los jugos de 45 min; por lo cual, se presume que el tiempo de extracción no debe superar 30 min. Durante el almacenamiento de los distintos jugos, se observó un decrecimiento continuo del contenido de polifenoles. Sin embargo, hubo un aumento aparente en el jugo obtenido después de 15 min de extracción y almacenamiento a 20°C, lo que puede deberse a una posible ocurrencia de polimerización que causó un aumento en la absorbancia. En general, se observó una buena correlación entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante. En los jugos de 15 y 30 min de extracción, el contenido de polifenoles fue elevado y mayor que en los jugos de 45 min; esto indica que un tiempo prolongado de extracción puede ser perjudicial para la calidad del jugo.

Palabras clave: *Ugni molinae* Turcz, antioxidantes

Abstract. Juices extracted from frozen murtilla (*Ugni molinae* Turcz) berries by steam condensation using a steam juicer operated at three different extraction times (15, 30 and 45 min) were analyzed for content of phenolic compounds and antioxidant activity in samples stored at three temperatures (5, 20 and 35°C). Analysis on murtilla juice extracts were performed in triplicate at different time

intervals during a period of 35 days. Phenolics were analyzed using the colorimetric method of Folin-Ciocalteu, while antioxidant activity was determined by decoloration of DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radicals. It was found that phenolics contents in the juices after different extraction times were significantly different, being highest after 30 min and lowest after 45 min extraction. This suggests that extraction time should not exceed 30 min. During storage of the three different juice extracts at all temperatures a steady decrease in phenolics content was observed. However, the juice obtained after 15 min extraction showed an apparent increase at 20°C storage temperature, which may be due to probable occurrence of polymerization causing an increase in absorbance. In general a good correlation of phenolics content with antioxidant activity was also observed. Juices obtained after 15 and 30 min had high polyphenol content, greater than that in juices after 45 min extraction time, which suggests long extraction time may be harmful to juice quality.

Key words: *Ugni molinae* Turcz, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

La murta o murtilla (*Ugni molinae*T) es una especie endémica de Chile, y se encuentra en forma silvestre en las zonas marginales costeras del sur de Chile, entre la región del Maule y el Río Palena (Pastenes *et al.*, 2003). Se cosecha generalmente en grandes predios boscosos, aunque la producción de murtilla cultivada es hoy una alternativa productiva por el desarrollo de nuevas variedades (Seguel y Montenegro, 2008, 2010). Esta especie es una interesante opción frutícola con potencial comercial de especial interés para la industria alimentaria a escala mundial. La murtilla es consumida fresca y en productos artesanales tales como mermeladas, jarabes, postres y licores. En el mercado se encuentra de manera formal e informal;

por lo cual, las estadísticas de los valores de producción y comercialización son muy estimativas. No obstante, existen antecedentes que señalan que se ha exportado en forma fresca, congelada y como jugo a países como Italia, Francia, Estados Unidos, Inglaterra, España, Alemania, Japón, China y Bélgica (Tacon, 2004). Dado que la murta presenta baja durabilidad en post-cosecha, en condiciones normales no supera los 8 días (Beraud Sepúlveda, 2008), es importante analizar nuevas alternativas de procesamiento y comercialización, potenciándola como alimento funcional al tener una composición rica y diversificada de compuestos bioactivos con propiedades curativas (Speisky *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2010; Schreckinger *et al.*, 2010 a y b). Como en las demás bayas, las clases de polifenoles en la murta son también flavonoides, taninos y ácidos fenólicos (Rodríguez *et al.*, 2014); los cuales se caracterizan y cuantifican por métodos cromatográficos o por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu.

Consumidores conscientes de los problemas de salud han hecho del consumo de jugos de frutas una sana alternativa a las bebidas tradicionales que contienen cafeína. Esto ha llevado a una diversificación de la oferta de jugos en el mercado y las bayas de diversos tipos han representado un real atractivo por su alto contenido de compuestos bioactivos. En la última década, el consumo de jugos de bayas ha tenido un aumento de alrededor de 126% en Chile (Chile Alimentos, 2013). Bayas como la murta o el maqui (*Aristotelia chilensis* Mol. Stuntz) son conocidas por sus altos contenidos de compuestos bioactivos con alto poder antioxidante (Arancibia-Avila *et al.*, 2012; Fredes, 2009); por lo tanto, son muy interesantes para la producción de jugos. Sin embargo, los métodos convencionales de prensado hidráulico o de centrifugación deben aplicarse con mucho cuidado para obtener jugos de alta calidad. La murta tiene un contenido relativamente alto de pectina (Taboada *et al.*, 2010), lo cual influye negativamente sobre la fluidez. El tratamiento enzimático de la pulpa de la murta puede resultar en la destrucción de la pectina llevando a la formación de arabinan y de turbidez durante el almacenamiento (Varnam y Sutherland, 1999). Por lo tanto, es conveniente buscar métodos alternativos de producción de jugo de murta. En la preparación tradicional, se ha utilizado el extractor a vapor para producir jugos de fruta, por lo tanto, en esta investigación se propone evaluar este método de procesamiento de la murta para producir un jugo por extracción con vapor de agua. Para ello, se evaluó el efecto del tiempo de extracción, y el almacenamiento a tres temperaturas sobre la calidad del jugo, determinando el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante en el producto elaborado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La murtila (*Ugni molinae* Turcz) fue adquirida en el mes de abril de 2013 en la ciudad de Valdivia-Chile, y se mantuvo congelada hasta enero del 2014. Se evaluó la degradación de los polifenoles totales y capacidad antioxidante del jugo de murta en un periodo de 35 días. Se preparó el jugo de murtila por arrastre de vapor a tres tiempos de operación (15, 30 y 45 min); posteriormente, los jugos fueron almacenados en frascos color ámbar a tres temperaturas (5, 20 y 35°C) en una estufa (Memmert 100-800, Alemania). Los ensayos y el análisis de las muestras fueron realizados en triplicado. Los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente con el programa StatGraphics Centurion IV (Herndon, VA, USA).

Determinación de concentración de polifenoles.

Los polifenoles (ácido gálico equivalente, GAE) fueron determinados por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (FC). A 40 μ L de extracto se añadieron 3,16 mL de agua destilada, 200 μ L de reactivo de FC y 600 μ L de carbonato de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) al 20%; la mezcla se agitó y se dejó en oscuridad por dos horas. Transcurrido el tiempo, se leyó la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (Rayleigh UV-1601, China), tomando como blanco agua destilada.

Capacidad antioxidante DPPH. Se determinó a través de la decoloración del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), propuesto por Brand-Williams *et al.*, (1995). La muestra del jugo almacenado se mezcló con 2,9 mL de DPPH en etanol con una absorbancia de 0,8. Después de 30 min de incubación en la oscuridad, se midió la absorbancia a 515 nm. La capacidad antioxidante se expresó en trolox equivalente (mg TE/L).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de Polifenoles. El tiempo de extracción, como también la temperatura y el tiempo de almacenamiento son altamente significativos ($p \leq 0,00$) sobre el contenido de polifenoles, al igual que la interacción tiempo de extracción y temperatura de almacenamiento ($p \leq 0,00$). Se obtuvo mayor extracción de polifenoles a 30 min (Figura 1) con mayor estabilidad a 5°C (Figura 2).

Capacidad antioxidante. El efecto del tiempo de extracción es altamente significativo ($p \leq 0,00$) sobre la capacidad antioxidante de los compuestos bioactivos, no existiendo diferencia significativa según Tukey al 99% entre la extracción de 15 y 30 min (Figura 3). El tiempo de almacenamiento tiene también un efecto altamente significativo ($p \leq 0,00$), con marcada tendencia de decrecimiento de la actividad

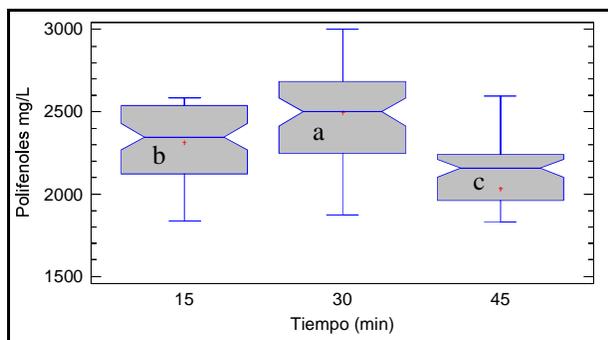


Figura 1. Efecto del factor tiempo de extracción en relación a los polifenoles.

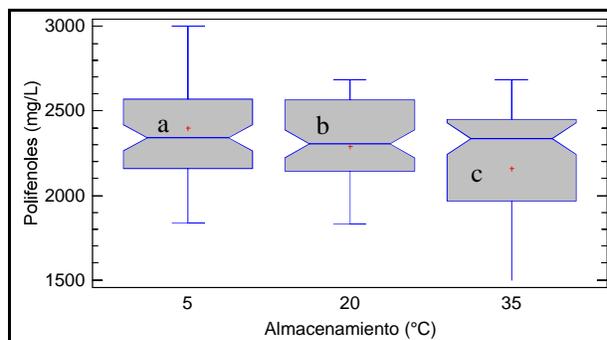


Figura 2. Efecto del factor temperatura de almacenamiento en relación a los polifenoles.

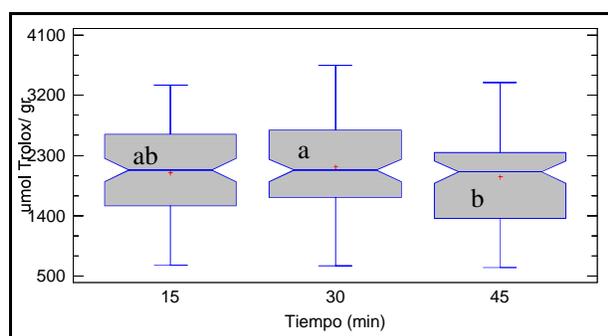


Figura 3. Efecto del factor tiempo de extracción en relación a DPPH.

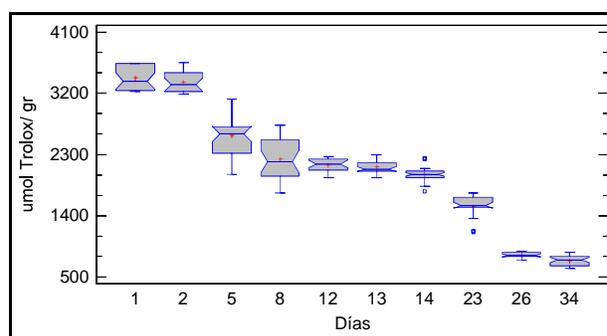


Figura 4. Efecto del factor tiempo de almacenamiento en relación al DPPH.

antioxidante en el tiempo (Figura 4); no obstante, el porcentaje de inhibición del radical DPPH (%IRL) se mantiene sobre un 95% en el tiempo. El factor temperatura de almacenamiento no es significativo ($p \leq 0,566$) para la capacidad antioxidante, al igual que la interacción tiempo de extracción y temperatura de almacenamiento ($p \leq 0,362$). Esto indica que con respecto a la capacidad antioxidante no hay diferencia significativa entre el tratamiento de 15 min y de 30 min. En cuanto al efecto del almacenamiento, se observó independiente de la temperatura una caída pronunciada de la capacidad antioxidante al día 26 (Figura 4).

CONCLUSIÓN

El tratamiento térmico por la condensación de vapor sobre 30 min afecta la cantidad y la calidad de los polifenoles en el jugo extraído de la murta. Los polifenoles tienen mayor estabilidad a la temperatura de almacenamiento de 5°C. De acuerdo a la capacidad antioxidante, se obtiene el mejor resultado en la extracción a 30 min. La capacidad antioxidante de los compuestos bioactivos decrece significativamente con el tiempo independiente de la temperatura de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Arancibia-Avila, P., J. Namiesnik, F. Toledo, E. Werner, A.L. Martínez-Ayala, N.E. Rocha-Guzmán and S. Gorinstein. 2012. The influence of different time durations of thermal processing on berries quality. *Food Control* 26(2): 587-593.
- Beraud Sepúlveda, L.Y. 2008. Conservación Postcosecha de Frutos de Murtilla (*Ugni molinae* Turcz). Trabajo de título Ingeniería en Alimentos. Universidad de la Frontera, Chile.
- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28(1): 25-30.
- Chilealimentos. 2013. Chilealimentos: Asociación de Empresas de Alimentos de Chile. En: <http://www.chilealimentos.com>; consulta: Marzo 2013.
- Fredes, C. 2009. Antioxidants in Chilean native berries. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8(6): 469-478.
- Pastenes, C., E. Santa-María, R. Infante and N. Franck. 2003. Domestication of the Chilean guava (*Ugni molinae* Turcz), a forest understorey shrub must consider light intensity. *Scientia Horticulturae* 98(1): 71-84.

- Rodriguez K., K. Ah-Hen, A. Vega-Gálvez, J. López, I. Quispe-Fuentes, R. Lemus-Mondaca. and L. Gálvez-Ranilla. 2014. Changes of bioactive compounds and antioxidant activity during convective drying of murta (*Ugni molinae* T.) berries. *International Journal of Food Science and Technology* 49(4): 990–1000.
- Ruiz, A., I. Hermosin-Gutiérrez, C. Mardones, C. Vergara, E. Herlitz, M. Vega, C. Dorau, P. Winterhalter and D. Von Baer. 2010. Polyphenols and antioxidant activity of Calafate (*Berberis microphylla*) fruits and other native berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(10): 6081–6089.
- Schreckinger, M.E., J. Lotton, M.A. Lila and E.G. De Mejia. 2010a. Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. *Journal of medicinal food*, 13(2), 233–246.
- Schreckinger, M.E., J. Wang, G. Yousef, M.A. Lila and E.G. De Mejia, E.G. 2010b. Antioxidant capacity and in Vitro inhibition of adipogenesis and inflammation by phenolic extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristolelia chilensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(16): 8966–8976.
- Seguel, I. and A. Montenegro. 2008. Murtilla plant named “South Pearl-INIA”. *USA Patent*, (2008/0313781), P1.
- Seguel, I. and A. Montenegro. 2010. Murtilla plant named “Red Pearl-INIA”. *USA Patent NPP2*, 273, P3.
- Speisky, H., A. Peña, M. Gómez, C. Fredes, M. Hurtado, M. Gotteland and O. Brunser. 2008. Antioxidants in Chilean berries. *Acta Horticulturae* 777: 485–492.
- Taboada, E., P. Fisher, R. Jara, E. Zúñiga, M. Gidekel, J.C. Cabrera, E. Pereira, A. Gutiérrez-Moraga, R. Villalonga and G. Cabrera. 2010. Isolation and characterisation of pectic substances from murta (*Ugni molinae* Turcz) fruits. *Food Chemistry* 123: 669–678.
- Tacon, A. 2004. Manual de productos forestales no madereros. Programa de fomento para la conservación de tierras privadas de la Décima Región. Valdivia, Chile. CIPMA.
- Varnam, A. and J.M. Sutherland. 1999. *Beverages: Technology, Chemistry and Microbiology* Gaithersburg, MD, Aspen Publishers. Inc.

Protección Térmica de Vitamina B3 con Celulosa Bacteriana y su Aporte de Fibra Dietaria

Thermal Protection of Vitamin B3 with Bacterial Cellulose and its Dietary Fibre Input

Marlon Osorio Delgado^{1*}; Diana Vásquez Osorio²; Lina Vélez Acosta³; Gloria Caro Muñoz⁴; Robín Zuluaga Gallego⁵; Piedad Gañán Rojo⁶; Gustavo Hincapié Llanos⁷; Daniel Peláez Cuellar⁸; Cristina Castro Heraz⁹.

1 *Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín marlon.osorio@me.com

2 Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín dianacarolina.vasquez@alfa.upb.edu.co

3 Profesor titular, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, lina.velez@upb.edu.co

4 Profesor ad honorem, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, gloria.carom@gmail.com

5 Profesor titular, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, robin.zuluaga@upb.edu.co

6 Profesor titular, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, piedad.ganan@upb.edu.co

7 Profesor titular, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, gustavo.hincapie@upb.edu.co

8 Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, danielpelaez13@gmail.com

9 Profesor titular, Facultad de Ingeniería Textil, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, cristina.castro@upb.edu.co

Resumen. La vitamina B3 o niacina (N), es la precursora de más de 450 reacciones redox en los genes, su deficiencia puede causar pelagra, cáncer, etc., para evitar esto, es necesario un continuo suministro de la misma, sin embargo

debido a su sensibilidad al calor, es degradada durante la cocción de los alimentos que la contienen. En esta investigación se aborda el uso de la celulosa bacteriana (CB) como agente de protección térmica de la niacina, se realizó

un análisis termogravimétrico (TGA) donde se compara el comportamiento térmico de la vitamina en presencia de CB y maltodextrina (MD), obteniéndose que la CB protege la niacina hasta en un 11,67% p/p, posteriormente, se incluyó la CB en una formulación de galletas, donde se comprobó que esta es una buena fuente de fibra dietaria insoluble.

Palabras Claves: Niacina, degradación, fibra dietaria insoluble.

Abstract. Vitamin B3 o niacin (N) is a precursor of more than 450 gene redox reactions, low intake can cause pellagra, cancer etc., to prevent it, a continuous supply of vitamin B3 is necessary, however, due to its heat sensitiveness, it degrades during the cooking of the foods that containing it. This research aims the use of bacterial cellulose (CB) as a niacin thermal protection agent. Thermogravimetric analysis (TGA) was carried out to compare the thermal behaviour of this vitamin in the presence of CB and maltodextrin (MD), obtaining that the CB protects niacin up to 11.67 wt%. Later, CB was include in a cookie formulation and was verified that CB is a good insoluble dietary fibre source.

Key words: Niacin, degradation, insoluble dietary fibre.

INTRODUCCIÓN

La vitamina B3, niacina o ácido nicotínico es una vitamina soluble en agua, que es eliminada por la orina, por ende, es necesario un suministro continuo de la misma para mantener los niveles adecuados (A.D.A.M. 2013), la niacina es requerida por el cuerpo en la formación de las coenzimas Nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP) y es la precursora de más de 450 reacciones redox en los genes, su deficiencia puede causar oxidación del ADN, pelagra y cáncer (Kirkland 2012) niacin status has the potential to influence every area of metabolism. Niacin deficiency has been linked to genomic instability largely through impaired function of the poly ADP-ribose polymerase (PARP). Además, al igual que la mayoría de vitaminas es sensible a la luz, pH, oxígeno, humedad y temperatura (Moreschi, *et al.*, 2009).

La celulosa bacteriana (CB) es un tipo de fibra dietaria y es clasificada como “*generally recognized safe (GRAS)*” y es aceptada por el “*USA Food and Drug Administration*” desde 1992 (Shi *et al.*, 2013), además de los beneficios para la salud que la inclusión de fibra conlleva, cuando es comparada con otras fuentes de fibra dietaria, la CB exhibe ventajas como su alta pureza y no requiere el uso de químicos peligrosos para su aislamiento y purificación, además se puede producir en diferentes formas y texturas (Shi *et al.*, 2014), y es estable

térmicamente, ventaja que ha sido explorada en el desarrollo de materiales compuestos (George *et al.*, 2011) “ISSN” : “1879-0003”, “PMID” : “20920524”, “abstract” : “Nanocrystals prepared from bacterial cellulose are considered as ‘green nanomaterials’ depending on their renewable nature and ease of production without the involvement of hazardous chemical treatments. In this investigation, a top down approach was followed for the preparation of bacterial cellulose nanocrystals (BCNC).

El objetivo de esta investigación es analizar el uso de la celulosa bacteriana como agente de protección térmica de la niacina y como fuente fibra dietaria en una formulación de galletas.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de películas de niacina/CB (N-CB) y niacina/maltodextrina (N-MD). La CB fue producida usando la metodología de Castro *et al.*, 2011, como paso posterior se preparó una dispersión de CB al 0,43% p/p, a esta dispersión se le adicionó ácido nicotínico en concentraciones entre el 0,1% p/p al 1,0% p/p, se dejó en agitación durante 24 h y se pasó por un filtro de nylon de 0,2 μm . El filtrado se tituló con NaOH al 0,05 M estandarizado, la concentración de niacina en la película de CB se halló por la diferencia entre las concentraciones de la solución inicial y final. La maltodextrina (MD) fue elegida para efectos de comparación pues es un compuesto ampliamente usado como agente de encapsulación, las películas de N-MD se realizaron a las mismas concentraciones para N-CB.

Análisis termo gravimétrico (TGA) niacina/CB (N-CB) y niacina/maltodextrina (N-MD). Esta prueba se realizó con el fin de conocer el comportamiento térmico de la niacina en presencia de CB y MD, el análisis se realizó usando un Mettler Toledo TGA/SDTA 851e en atmósfera de nitrógeno a una velocidad de calentamiento de 10 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$, entre 30-800 $^{\circ}\text{C}$, según lo reportado en estudios previos (Castro *et al.*, 2014, Moreschi, *et al.*, 2009).

Formulación de galletas con CB. La relación de los ingredientes en la masa de galleta base fue: 100 g de harina de trigo, 75 g de azúcar, 65 g de margarina, 50 g de leche en polvo entera y 2 g de esencia de vainilla. Las cantidades de celulosa adicionada en cada ensayo se presentan en la Tabla 1. Cabe señalar que en la formulación con CB no fue necesaria la adición de agua pues la CB fue agregada en solución acuosa.

El horneado se realizó a 120 $^{\circ}\text{C}$ durante 22 minutos en un horno precalentado, las galletas se pesaron antes y después del horneado y se les midió color en un espectrofotómetro portátil

Tabla 1. Ingredientes en las formulaciones

Ingrediente	Form. 1 patrón (g)	Form. 2 Patrón + CB
Masa galleta base (g)	212,80	212,80
Agua (g)	020,00	000,00
Suspensión de Celulosa bacteriana* (CB) (g)	000,00	085,45

* El porcentaje final de CB en el producto es del 0,77 %, porcentaje en el cual la CB no es detectada en el gusto.

de esfera SP60 utilizando el sistema colorimétrico L*a*b* y un iluminador con ángulo de observación de 10°. Al patrón y al patrón + CB se les midió fibra dietaria insoluble de acuerdo con la A.O.A.C. *official methods 991,42 19th edition, 2013*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el resultado del análisis termogravimétrico como velocidad de descomposición Vs. temperatura, la descomposición de la niacina se presenta a 166,3°C, la de la CB a 285,2°C y la de la MD 232,5°C.

Cuando la niacina es adsorbida por la celulosa, su temperatura de máxima degradación es aumentada debido a que la CB protege el micronutriente térmicamente brindándole

mayor estabilidad (George *et al.*, 2011"ISSN": "1879-0003", "PMID": "20920524", "abstract" : "Nanocrystals prepared from bacterial cellulose are considered as 'green nanomaterials' depending on their renewable nature and ease of production without the involvement of hazardous chemical treatments. In this investigation, a top down approach was followed for the preparation of bacterial cellulose nanocrystals (BCNC, Shi *et al.*, 2013). Este comportamiento es observado hasta una relación niacina/celulosa del 11,67% p/p. Por otro lado, la maltodextrina protege al micronutriente hasta una concentración del 1,64% p/p, lo que indica que la CB puede ser un sustituto para la maltodextrina si lo que se quiere es una protección térmica del micronutriente.

En la Tabla 2 se muestra los resultados de pérdida de humedad durante el horneado, la colorimetría y la fibra dietaria en las muestras.

Menor luminosidad y mayor tonalidad de color se observaron en las galletas sin CB, lo cual está relacionado con que esta retarda las reacciones de oscurecimiento de Maillard y caramelización (Badui Dergal *et al.*, 2006). Finalmente en esta misma tabla se presenta los resultados de la fibra dietaria insoluble, la adición de CB aporta 4,5 veces más de fibra respecto a la formulación original.

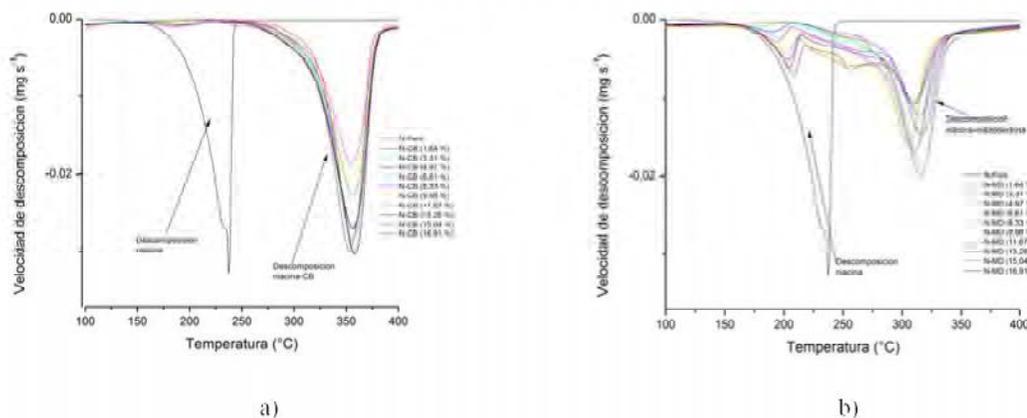


Figura 1. Análisis Termogravimétrico a) niacina-CB y b) niacina-MD

Tabla 2. Perdida de agua en el horneado, colorimetría y porcentaje de fibra dietaria en las formulaciones

Formulación	Pérdida de humedad horneado (g)	Colorimetría			Fibra Dietaria Insoluble (%)
		L* Luminosidad	a* Verde-Rojo	b* Azul-Amarillo	
Patrón	15,11 ± 2,96	63,41 ± 1,83	8,55 ± 1,73	36,93 ± 1,42	0,30
Patrón +CB	21,22 ± 3,24	71,93 ± 0,49	3,71 ± 0,62	32,92 ± 1,22	1,37

CONCLUSIÓN

La CB protege térmicamente a la niacina hasta un contenido del 11,67% p/p, en comparación con la MD que tan solo protege hasta un 1,64% p/p. La celulosa bacteriana además, es fuente de fibra dietaria y su adición en una formulación de galletas conlleva al retardo en las reacciones de Maillard y de caramelización en el horneado.

BIBLIOGRAFÍA

- A.D.A.M. 2013. Niacin. En: Medical encyclopedia, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0003061/> pp. 1; consulta: febrero 2014.
- Badui Dergal, S. 2006. Química de los Alimentos. 4 ed. Pearson Education, Ciudad de México, 734 p.
- Castro, C., R. Zuluaga, J.L. Putaux, G. Caro, I. Mondragón and P. Gañan. 2011. Structural Characterization of Bacterial Cellulose Produced by *Gluconacetobacter Swingsii* Sp. from Colombian Agroindustrial Wastes. *Carbohydrate Polymers* 84 (1): 96-102.
- Castro, C., A. Vesterinen, R. Zuluaga, G. Caro, I. Filpponen, O. Rojas, G. Kortaberria and P. Gañan. 2014. In situ production of nanocomposites of poly (vinyl alcohol) and cellulose nanofibrils from *Gluconacetobacter* bacteria: effect of chemical crosslinking. *Cellulose*, doi:10.1007/s10570-014-0170-1
- George, J., K.V Ramana., A.S. Bawa and Siddaramaiah. 2011. Bacterial Cellulose Nanocrystals Exhibiting High Thermal Stability and Their Polymer Nanocomposites. *International journal of biological macromolecules*. 48 (1): 50-57.
- Kirkland, J.B. 2012. Niacin Requirements for Genomic Stability. *Mutation research*. 733 (1-2):14-20.
- Moreschi, E.C., J.R. Matos and L.B. Almeida. 2009. Thermal Analysis of Vitamin PP Niacin and Niacinamide. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 98 (1):161-164.
- Zhijun, S., Y. Zhang, O. Glyn, Phillips and G. Yang. 2013. Utilization of Bacterial Cellulose in Food. *Food Hydrocolloids* <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.012>.

Cocoa Husk as Source of Natural Phenolic Antioxidants: Comparison of Polyphenols and Antioxidant Activity in Theobroma Cacao Beans and Husk

Cáscara de Cacao como Fuente de Antioxidantes Naturales: Comparación de Polifenoles y Actividad Antioxidante entre Theobroma Cacao Granos y Cáscara

Toro-Urbe Said¹, Estupiñán Mauren Rocio, López-Giraldo Luis Javier²

1 First author: PhD Candidate. Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICTA). Department of Chemical Engineering. Universidad Industrial de Santander, Colombia. saidtorouribe@hotmail.com

2 Corresponding author: Professor, Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICTA). Department of Chemical Engineering. Universidad Industrial de Santander, Colombia. ljlopez@uis.edu.co

Abstract. *Theobroma cacao L.* has been associated with several nutritional benefits, high antioxidant activity, prevention and reduction of risk factors for several diseases or enhancing certain physiological functions. The cocoa processing generates by-products, which represent up to 74-86 % of the fruit. In this order, the aims of the current work were evaluated the polyphenols content and the antioxidant capacity of cocoa husks from five varieties. The total polyphenol (TP) vary from 60 to 91 mgEAG/gchd measures by Folin-ciocalteau, which represent between the 19% and 58% of TP. The identification of polyphenols was developed using HPLC-ESI-MS; the results showed that all the varieties of cocoa husk have (+)-catechin, (-)-epicatechin, procyanidins B1 y B2, gallic acid, gallocatechin, clovamide and disaccharide. Antioxidant capacity (AC) was determined using the ORAC assay, the results obtained in decreased order were

FSV-155 (2538.08±578.15) > ICS-96 (2276.45±550.05) > TSH-565 (2146.33±396.30) > FLE-3 (1829.47±532.81) > CCN-51 (1528.2±303.99), expressed in μmol TE/gchd. These results are numerically higher than cocoa beans from the same varieties. Finally, the result of this work suggested that there are difference between varieties of cocoa husk studied in terms of either polyphenol profile, TP content and AC.

Key words: *by-products, polyphenols, antioxidant capacity, ORAC.*

Resumen. *Theobroma cacao L.* se ha sido asociado a numerosos beneficios nutricionales, alta actividad antioxidante, prevención y reducción de factores de riesgo para varias enfermedades o mejorar ciertas funciones fisiológicas. El procesamiento de cacao genera subproductos que representan hasta el 74-86% de la fruta. De esta manera,

los objetivos de este trabajo es evaluar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de cinco variedades de cáscaras de cacao. El total de polifenoles (TP) varía desde 60 hasta 91 mgEAG/g_{chd} medido por el método colorimétrico de Folin-ciocalteu, los cuales representan entre el 19% y el 58% de TP. La identificación de polifenoles fue desarrollada usando HPLC-ESI-MS, los resultados muestran que todas las variedades estudiadas contienen (+)-catequina, (-)-epicatequina, procianidinas B1 y B2, ácido gálico, galocatequina, clovamida y disacáridos. La capacidad antioxidante (CA) se determinó utilizando el ensayo de ORAC, los resultados obtenidos en orden descendentes son FSV-155 (2538,08 ± 578,15) > ICS - 96 (2276,45 ± 550,05) > TSH-565 (2146,33 ± 396,30) > FLE-3 (1829,47 ± 532,81) > CCN-51 (1528,2 ± 303,99), expresados en mol TE/g_{chd}. Estos resultados son numéricamente más altos que los presentes en los granos de cacao para las mismas variedades. Finalmente, este trabajo sugiere que hay diferencia entre las variedades de cáscara de cacao estudiadas en términos del perfil polifenólico, el contenido de PT y la CA.

Palabras clave: subproductos, polifenoles, capacidad antioxidante, ORAC.

INTRODUCTION

In recent years, there has been a great deal of attention toward the field of recuperation of bioactive compounds (i.e. antioxidants) from vegetables, fruits, medicinal plants, by-products from industrial process as natural source of antioxidants. Thus, polyphenolic compounds presents in the plants can act as potent antioxidants and metal chelators and in vitro studies have demonstrated have biological activities such as ability to scavenge superoxide radicals, reduce peroxy radicals and inhibit lipid peroxidation (Kanner *et al.*, 1994; Salah *et al.*, 1995; Vinson and Hontz, 1995).

Cocoa is a rich source of flavonoids. Keen (2001) and Osakabe (1998) have demonstrated that the consumption of cocoa or chocolate reduced the risk of cardiovascular disease. Also, Ki, (2003) exposed that cocoa has higher levels of total polyphenol (TP) content and flavonoids than black tea, green tea and red wine cocoa bean has a polyphenol content of about 12-18% (Kim y Keeney, 2006) and 60% are flavanols monomers and procyanidin oligomers (Dreosti, 2000).

In 2010-2011 world cocoa production was about 3.9 millions/tons (ICCO, 2012), which cocoa by manufacturing of chocolate generates by-products such as shells, husks and fermentation effluent, which represent up to 74-86 % of the fruit (Adzimah *et al.*, 2010). In 2011, cocoa production in Colombia amounted to 44.245 tons and according to the Development Ten Year Plan

2012-2020; it is projected to reach 246.000 tons by year 2020 (Ortiz *et al.*, 2014). In addition, Colombian cocoa is recognized as possessing a "Flavor and Aroma" (Proexport, 2012).

In consequence, in a future the by-products from cocoa crops could become a source of raw material to obtain bioactive compounds. In this order, this study evaluated the antioxidant capacity of cocoa husks from five varieties commonly cultivated in Colombia.

MATERIALS AND METHODS

Materials. Fresh cocoa husks of the Trinitary variety (TSH-565 and ICS-95), Ecuador (CCN-51) and Colombia variety (FLE-3 and FSV-155) were collected from Rio Negro-Santander.

Reagents, solvents, standards. Standards of (+)-catechin, (-)-epicatechin, procyanidin B1 and B2 (Extrasynthese, Genay, France) were used for quantitative determinations. HPLC-grade solvents were purchased from Merck (Darmstadt, Germany). The other chemicals were purchased from Sigma-Aldrich.

Preparation of extract. The extract of polyphenols was prepared according to Toro-Urbe *et al.*, (2013). Briefly, the cocoa husks were washed and the husk was removed manually, chopped and thermally treated to inhibit the enzyme polyphenol oxidase. Then, cocoa husk were dried at 50°C and the material was ground in a mill to obtain cocoa husk flour. The optimal conditions of extraction are 60°C, relation ethanol:water 50:50 v:v, relation solute:solvent 1:60 m:v and pH 5.0. The extract of polyphenols was concentrated, lyophilized and kept in amber bottles at -10°C until analysis.

Determination of total polyphenols content. The total phenol content of cocoa husk extract was assayed using Folin-ciocalteu reactive according to the method of Perea *et al.*, (2009). The absorbance was measured at 765 nm using a visible spectrophotometer (*ThermoSpectronic* Genesys™ 20) against a blank sample. The results are expressed in mg equivalents of gallic acid by grams of cocoa husk dried (mgEGA/g_{chd}).

Determination of antioxidant activity of the extracts. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assays were carried out using a Thermo Scientific™ Fluoroskan Ascent™ FL. The procedure was based on the method by Huang *et al.*, 2002. The results were expressed in μmol Trolox Equivalents/g cocoa husk dried (μmoTE/g_{chd}).

HPLC-ESI-MS analysis of polyphenols in cocoa husk. Identification and quantification was carried out using external standards: (+)-catechin and (-)-epicatechin, and procyanidins

B1 and B2 were identified and quantified with the aid of reverse-phase HPLC–UV–VIS at 280 nm. HPLC analyses were carried out using a VWR–HITACHI Chomaster (Hitachi High Technologies Corporation, Germany). The HPLC system was coupled to mass spectrometer Amazon X (Bruker Daltonics, Germany) with an ion trap analyzer. MS spectra were acquired in negative mode with ion spray voltage at 4.7 kV, full scan MS mode from m/z 100 to 1200, capillary temperature at 355°C and gas pressure at 15 psi. The procedure to separate the compounds was based on the method by Cienfuegos–Jovellanos *et al.*, (2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Determination of total polyphenols. All of the varieties of cocoa husks studied contained level of polyphenols around 60 to 91 mgEAG/g_{chd}. To compare the varieties studied against the results for the cocoa beans (Perea *et al.*, 2013), cocoa husk extract are 1.58, 1.32, 1.69 and 1.47 times higher for TSH-565, ICS-95, FSV-155 and FLE-3, respectively (Figure 1). These results could be attributed to either the fact that plants offered a major defensive or resistance in its sheets or husk of the fruit. The differences of polyphenol content within clones could be attributed to several factors such as genetic diversity, physiological, agronomic and environmental variables (Niemenak *et al.*, 2006).

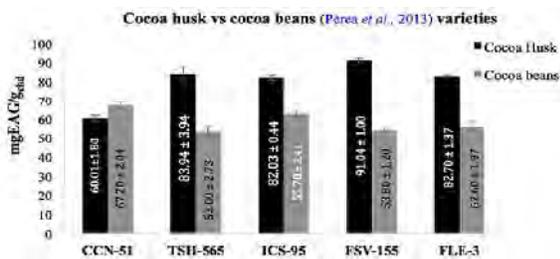


Figure 1. Comparison of total polyphenol content between cocoa husks and cocoa beans extracts.

Antioxidant Activity (AA). The results in Figure 2 showed the extract with the major antioxidant capacity is FSV-155 (2538.08 ± 532.81 $\mu\text{molTE/g}_{\text{chd}}$) clone and the lowest is the CCN-51 (1528.20 ± 303.99 $\mu\text{molTE/g}_{\text{chd}}$). In comparison, Sierra y Peñaranda (2013) evaluated the capacity antioxidant the cocoa beans and these results are 1.08, 1.60, and 1.56, 1.91 and 1.31 times higher for CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155 and FLE-3, respectively. Also, these results are higher than cocoa power with 485 $\mu\text{mol TE/g}$ (Nutrient Data Laboratory, 2010) and cocoa beans from 387.29 ± 10.84 to 639.51 ± 73.84 $\mu\text{mol TE/g}$ (Carrillo *et al.*, 2013). It has been proposed; the major antioxidant capacity in this study is due higher concentration of dimers.

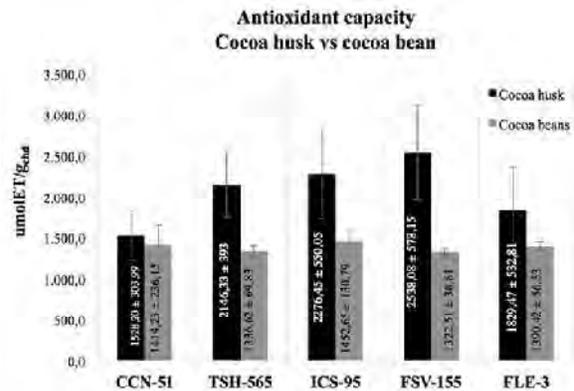


Figure 2. Comparison of antioxidant activity between cocoa husks and cocoa beans extracts

Chromatographic profile of cocoa husk extract. The results showed that clones have significant quantitative differences between the flavan-3-ols and dimers studied (Figure 3). In the figure 4, showed the chromatographic profiles and Table 1 indicated the tentative phenolic compounds identified in the cocoa husk extract studied. Procyanidin B2 was founded in the highest concentration in all the clones, ranging from 43.408 to 7.361 mg/g_{chd}. The content of (+)-catechin (1.762 ± 0.134 to 2.302 ± 0.179), (-)-epicatechin (6.250 ± 0.392 to 19.740 ± 0.773) in the cocoa husks are higher than cocoa beans reported by Sierra & Peñaranda (2013) with concentration of 1.86 ± 0.11 and 0.71 ± 0.15 mg/g, respectively for the same varieties of cocoa. However, Niemenak *et al.*, (2006) and Gotti *et al.*, (2006) for the cocoa beans reported contents of (+)-catechins (1.25–14.42 and 0.06 ± 0.008 mg/g) and (-)-epicatechin (14.43–43.90 and 4.10 ± 0.20 mg/g) higher than the ones obtained in the present study.

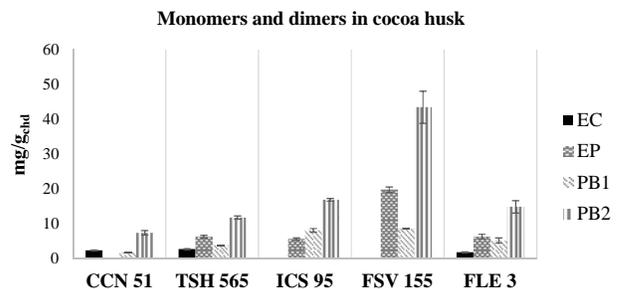


Figure 3. Monomers and dimers quantified in cocoa husk extracts.

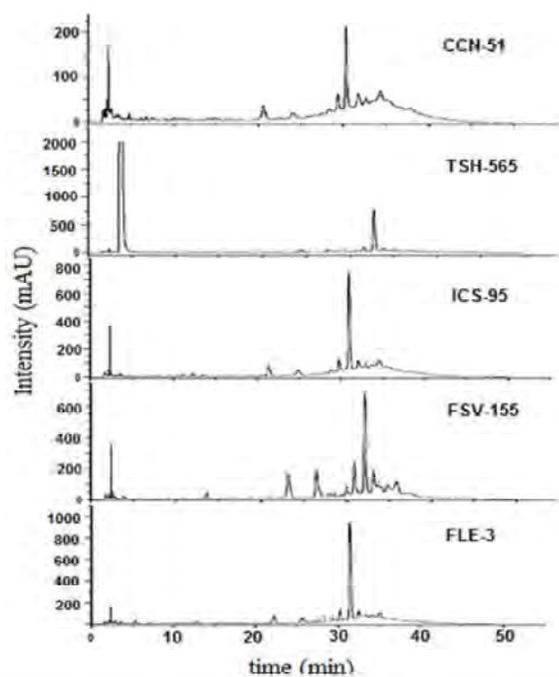


Figure 4. Chromatogram of cocoa husks extracts obtained by HPLC-ESI-MS. For peak assignment see Table 1.

Table 1. Phenolic compounds identified in the extracts of five cocoa husk varieties by HPLC-ESI-MS. ^aConfirmed with standard. ^bConfirmed with MS fragmentation results.

Peak	Tentative identification	Sample	HPLC-ESI-MS	
			m/z	MS(2)
1	Procyanidin B1a	CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155, FLE-3	577	425
2	Galocatechin ^b	CCN-51, ICS-95, FSV-155, FLE-3	305	133,4
3	Procyanidin B2a	CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155, FLE-3	577	425
4	(+)-Catechina	CCN-51, TSH-565, FLE-3	289	245
5	Procyanidin trimer ^b	CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155	865	544,9
6	Procyanidin pentamer ^b	CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155, FLE-3	720	-
7	Clovamide ^b	CCN-51, TSH-565, ICS-95, FSV-155, FLE-3	358	22,1
8	Disacaride ^b	TSH-565, ICS-95, FLE-3	341	179,3
9	Gallic Acid ^b	TSH-565, FLE-3	169	125,5
10	(-)-Epicatechina	TSH-565, ICS-95, FSV-155, FLE-3	289	245
11	Procyanidin Tetramer ^b	TSH-565, FLE-3	1153	282,2

CONCLUSIONS

There seems difference between varieties of cocoa husk studied in terms of polyphenol content, antioxidant capacity or composition. This work reveals that the total polyphenol and antioxidant content is higher in cocoa husk than cocoa beans. Finally, these results highlight the importance of use cocoa husk as a source of natural bioactive polyphenols compounds and can be used in food, cosmetic, nutraceutical and pharmaceutical applications and provide a benefit to cocoa manufacturing in Colombia.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural and CENIRED for the financial support to the research project N° 13158-053-10. Also, to Oscar Carreño, David Rojas and FEDECACAO, especially Nubia Martínez for their technical support and logistic.

BIBLIOGRAPHY

- Adzimah, S.K and E.K. Asiam. 2010. Design of a Cocoa Pod Splitting Machine. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2 (7): 622-634.
- Carrillo L., J. Londoño and A. Gil. 2013. Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*. In Press. doi: 10.1016/j.foodres.2013.06.019.
- Cienfuegos, J.E., M. Quiñones, M. Mugerza, L. Moulay, M. Miguel and A. Aleixandre. 2009. Antihypertensive effect of a polyphenol-rich cocoa powder industrially processed to preserve the original flavonoids of the cocoa beans. *J of Agric and Food Chem*. 57(14): 6156-6162.
- Dreosti, I.E. 2000. Polifenoles antioxidantes en el té, el cacao y el vino. *Nutrición* 16:692-694.
- Gotti, R., S. Furlanetto, S. Pinzauti, V. Cavrini. 2006. Analysis of catechins in *Theobroma cacao* beans by cyclodextrin-modified micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1112(1-2): 345-352.
- Huang, D., B. Ou, M. Hampsch, J. Flanagan, R. Prior. 2002. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of agricultural and food chemistry*. 50(16): 4437-4444.
- ICCO (International Cocoa Organization). 2014. *The World Cocoa Economy: Past and Present, 2012*. Recuperado de: http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/45-statistics-other-statistics.html consult, Febrero de 2014.
- Kanner, J., E. Frankel., R. Granet. 1994. Natural antioxidants in

- grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42(1):64–69.
- Ki W.L., K. Young., L. Hyong., Y.L. Chang. 2003. Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *Journal of Agricultural. Food Chemistry* 5(25): 7292–7295.
- Kim, H., P. Keeney. 2006. (-)-Epicatechin Content in Fermented and Unfermented Cocoa Beans. *Journal of Food Science* 49(4): 1090-1092.
- Keen Carl L. 2001. Chocolate: Food as Medicine/Medicine as Food *Journal of the American College of Nutrition* 20:436:439
- Niemnak, N., C. Rohsius, S. Elwers, N.D. Omokolo, R. Lieberei. 2006. Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in term of their phenolics and anthocyanins contents. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6-7): 612-619.
- Nutrient Data Laboratory. 2010. USDA Database for the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods. Recuperado de: http://www.orac-info-portal.de/download/ORAC_R2.pdf. 36 p. consulta: Febrero 2013.
- PROEXPORT. 2012. Colombian cocoa “High quality and distinctive aroma”. Recuperate de: <http://www.investincolombia.com.co/images/Cocoa%20profile%202012.pdf>. Consult: Feb. 2014.
- Ortiz, O., R. Villamizar., J. Rangel. 2014. Applying life cycle management of Colombian cocoa production. *Food Science and Technology*. Recuperate: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-2061201400500006&script=sci_arttext. Citado: Marzo 2014.
- Osakabe, N., M. Yamagishi., C. Sanbongi., M. Natsume., T. Takizawa., T. Osawa. 1998. The antioxidative substances in cacao liquor. *Journal of Nutri. Science and Vitamin*. 44:313–321.
- Perea, V., A. Janeth., C. Cadena y J. Herrera. 2009. El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud* 41(2): 128-134.
- Perea, J., Guerrero N, Aranzazu F, Cadena T. 2013. Características de calidad del cacao de Colombia catálogo de 26 cultivares. Universidad Industrial de Santander – Federación Nacional de Cacaoteros. Bucaramanga, Colombia.
- Salah N, N.J Miller, G. Paganga, L. Tijburg, P. Bolwell, y C. Rice. 1995. Polyphenolic flavanoids as scavengers of aqueous phase radicals and as chain breaking antioxidants. *Archives of Biochemical Biophysics* 322(2): 339-346.
- Sierra Prada, L.J., y J.D. Peñaranda. 2013. Evaluación de la actividad antioxidante, contenido de polifenoles y metilxantinas en materiales de cacao colombianos. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 48-52.
- Toro-Uribe S., L.J. Sierra Prada, M.R. Estupiñán Amaya., S.A. Villamizar Delgado, S.F. Barragán Mantilla, L.Y.D. Rojas Correa, O.J. Carreño Toledo y L.J. López Giraldo. 2013. Obtención de productos de valor agregado a partir de cáscara de cacao: extracción de polifenoles y determinación de capacidad antioxidante. En: *Seminario Internacional Cacao y Chocolate Nuevos Retos en Calidad*. Bucaramanga.
- Vinson, J.A., B.A. Hontz. 1995. Phenol antioxidants index: comparative antioxidant effectiveness of red and white wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43(2): 401–403.

Estudio del Grado de Modificación Química del Aislado Proteico de la Microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*).

Study of Chemical Degree Modification of Protein Isolated from the Microalgae *Spirulina* (*Arthrospira maxima*)

Juan Carlos Letelier Carvajal¹; Mónica Tejo Cavalcanti²; Pedro Cereza Mezquita³

1 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, juan.letelier@uantof.cl

2 Professora, Unidade Academica de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciencias y Tecnología Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, monicatejoc@yahoo.com.br

3 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, pedro.cereza@uantof.cl

Resumen. Las microalgas han sido y siguen siendo utilizadas en la alimentación humana y animal debido a que son una importante fuente de nutrientes. Una de las más relevantes es la microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*). El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de modificación química del aislado proteico de la microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*). Se implementaron técnicas para la obtención de un

aislado proteico y la modificación química por acetilación y succinilación. El grado de modificación se determinó por la evaluación colorimétrica de la cantidad de lisina disponible en la muestra. Los resultados obtenidos indicaron la obtención de un aislado proteico con una concentración de proteínas final de 95,44%; en relación al rendimiento del aislado proteico, el contenido de proteínas recuperadas luego de la

precipitación isoelectrica fue de 76,56%. Con los resultados obtenidos para determinar el grado de modificación se pudo concluir que la modificación con anhídrido acético superó a la modificación química con anhídrido succínico para todos los niveles de concentración del reactivo empleado. Además, se concluyó que en la extensión de la modificación, se verificó un índice mayor en el uso del anhídrido acético comparado con el empleo del anhídrido succínico.

Palabras Claves: Técnicas, acetilación, succinilación, lisina, harina, separación.

Abstract. *Microalgae have been and still are used in human and animal nutrition because they are an important source of nutrients. One of the most relevant is the Spirulina microalgae (Arthrospira maxima). The aim of this study was to determine the degree of chemical modification of protein isolated from the Spirulina microalgae (Arthrospira maxima). Techniques for obtaining a protein isolate and chemical modification by acetylation and succinylation were implemented. The degree of modification was determined by colorimetric evaluation of the amount of available lysine in the sample. The results indicated the production of a protein isolate with a final protein concentration of 95.44%, in relation to the yield of protein isolate, the protein recovered after isoelectric precipitation was 76.56%. With the results obtained to determine the degree of modification it could be concluded that the modification with acetic anhydride out performed chemical modification with succinic anhydride to all levels of concentration of the reagents used. Furthermore it is concluded that the extent of modification was verified a higher rate in the use of acetic anhydride as compared to the use of succinic anhydride.*

Key words: Techniques, acetylation, succinilation, lysine, flour, separation.

INTRODUCCIÓN

En relación a los alimentos, la reacción de modificación química ha sido usada en diferentes casos, como por ejemplo, en el estudio de nuevas fuentes de enzimas, reacciones de acetilación de algunas proteínas, enriquecimientos de proteínas con ciertos aminoácidos limitantes (MET e LYS) y modificaciones de las propiedades de viscosidad y adherencia de las proteínas mediante tratamiento con álcalis (SpunProtein). Las modificaciones por acilación promueven una reacción del grupo amino desprotonado, que da origen a derivados de almidón, con propiedades que irán a depender del reactivo utilizado. Entre éstas, se tienen las reacciones de acilación, como la succinilación y acetilación. (Sgarbieri, 1996). En el presente estudio se tiene como objetivo el determinar el grado de modificación química del aislado proteico de la microalga Spirulina (*Arthrospira máxima*).

MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención del aislado proteico de la microalga se realizó según el método propuesto por Betschart y Saunders, (1978), aplicando los siguientes procedimientos: dilución de la biomasa seca en agua destilada en proporción de 1:10, ajustándose el pH a 10,0; centrifugación por 20 minutos; se determina la concentración de proteína del sobrenadante, precipitación de las proteínas, ajustando el pH a 5,0. Posteriormente se centrifuga en refrigeración por 20 minutos, el precipitado fue lavado, centrifugado nuevamente y en seguida fue liofilizado.

El aislado liofilizado fue modificado químicamente por acetilación y succinilación, utilizando la metodología descrita por Groninger, (1973). Dilución en agua destilada, en una proporción de 1:10, ajustándose el pH a 10,0 (2 - 4°C). Se adicionó anhídrido acético en concentraciones de 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 y 15,0%. El pH de la solución fue mantenido entre 8,0 y 8,5, con agitación constante. La reacción fue considerada completa, cuando el pH se mantuvo estable. El aislado proteico acetilado fue precipitado isoelectricamente (pH 5,0) y en seguida, centrifugado a 5000G durante 20 minutos. El precipitado fue, lavado y nuevamente centrifugado (20 min.) y en seguida fue liofilizado. Para el caso de la modificación por succinilación se procede de la misma forma que en la acetilación sustituyendo el anhídrido acético por el anhídrido succínico.

El grado de modificación de los aislados proteicos fue determinado colorimétricamente, de acuerdo con la metodología propuesta por Beckwith et al., (1975), evaluando la cantidad de lisina disponible, la cual forma derivados coloridos de la reacción con la ninhidrina, que son producidos en un sistema de dimetilsulfoxido-DMSO. La absorbancia fue medida a 580nm. La diferencia entre los aislados proteicos modificados a diferentes niveles y el aislado no modificado fue usada como el índice del grado de modificación. En el estudio estadístico de los resultados, se utilizó el programa estadístico SPSS para Windows – 11.0 (SPSS. INC, 2001), donde se considera un nivel de probabilidad de error menor al 5% para determinar la significancia de todos los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grado de modificación de los aislados proteicos de la microalga es descrito en la Tabla 1.

De acuerdo con los resultados indicados en la tabla, la modificación con anhídrido acético fue superior a la modificación química con anhídrido succínico para todos los niveles de concentración empleados. En el nivel más alto de la concentración de anhídrido acético (15%), fue modificado el 97,03% de la lisina, en tanto hubo un 95,41% de modificación de la lisina cuando se utilizó el anhídrido succínico en la misma concentración. Esta mayor eficiencia

en la extensión de la modificación del anhídrido acético puede ser debido a que el anhídrido acético es líquido, por lo tanto tiene mayor solubilidad y capacidad de mezcla con la muestra. Estadísticamente, se puede constatar, que para el teste de Tukey, existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) para cada nivel de modificación y para el teste t de students también existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los reactivos de acilación en la extensión de la modificación, siendo que la extensión de la modificación provocada por el anhídrido acético es superior al anhídrido succínico.

Tabla 1. Grado de modificación del aislado proteico de la microalga *Spirulina (Arthrospira máxima)*, tratado con anhídrido acético y succínico.

Concentración del Anhídrido (%)	Grado de acetilación (%)	Grado de succinilación (%)*
1,0 %	45,96 ± 0,089eA	34,34 ± 0,051eB
2,5 %	66,25 ± 0,051dA	60,71 ± 0,089dB
5,0 %	89,27 ± 0,103cA	80,30 ± 0,136cB
10,0 %	93,60 ± 0,051bA	91,91 ± 0,089bB
15,0%	97,03 ± 0,051aA	95,41 ± 0,136aB

Letras (en la columna) minúsculas diferentes presentan diferencia significativa ($p < 0,05$) por el teste de Tukey.

Letras (en la línea) mayúsculas diferentes presentan diferencias significativa ($p < 0,05$) por el teste t de student.

CONCLUSIONES

Según los objetivos propuestos y los resultados obtenidos se puede concluir que es factible implementar una técnica para la obtención de un aislado proteico a partir de harina integral de la microalga *Spirulina (Arthrospira máxima)*.

En la extensión de la modificación se observa un índice mayor en el uso del anhídrido acético comparado con el anhídrido succínico.

BIBLIOGRAFÍA

- Beckwith, A.C., F. Bonder and A. Ciegler. 1975 Direct estimation of lysine in corn meal by the ninhydrin color reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23, 194-196.
- Betschart, A.A. and M. Saunders. 1978. Safflower protein isolate. Influence of recovery conditions upon composition, yield and protein quality. *Journal of Food Science*. 43 (3): 964-968.
- Groninger, H.S. 1973. Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 21 (6): 978-981.
- Sgarbieri, V. 1996. Proteínas em alimentos protéicos. Propriedades, degradações, modificações. Primeira Edición, São Paulo, Ed. Varela Ltda., 517 p.

Aceite Esencial de las Semillas de Cardamomo (*Elettaria cardamomum*) en Helado Tipo Premium Essential Oil Seeds of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) in an Ice Cream Premium Type

Luz A. Urango¹, María E. Maldonado², Oscar Manrique C³, Carlos Peláez⁴.

1. Nutricionista Dietista. Mg. Profesora Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Antioquia. Email:luzurango@gmail.com

2. Bióloga, PhD Sc. Profesora Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad Antioquia

3. Químico farmacéutico. Esp mercadeo

Profesor Facultad de química Farmacéutica, Universidad Antioquia

4. Químico, Dr. Química. Profesor Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia

Resumen. Se preparó un helado tipo Premium adicionado con aceite de semillas de cardamomo y se evaluó la capacidad antioxidante del producto elaborado. El aceite se extrajo por arrastre de vapor, el helado se elaboró según NTC-1239, se midió capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y se evaluó sensorialmente. Se encontró valor ORAC 1732,7 μmol equivalentes trolox/100 mL y el

contenido de fenoles totales fue 359,1 mg/100 mL El análisis sensorial mostró 94,7% de aceptación del helado. El aceite de cardamomo no afectó la calidad sensorial y es un potencial alimento con beneficio antioxidante para la salud.

Palabras antioxidante,	clave: polifenoles,	capacidad ORAC.
----------------------------------	-------------------------------	---------------------------

Abstract. An ice cream premium type was manufactured with cardamom seed oil and antioxidant capacity of ice cream was evaluated. The oil was extracted by steam distillation technique, ice cream type was developed according Premium NTC-1239 with the addition of cardamom oil, antioxidant capacity and phenolic content were measured, and sensory analysis was done. ORAC value was 1732,7 $\mu\text{mol TE} / 100 \text{ mL}$ and phenolic content was 359,1 mg / 100 mL. Sensory analysis showed 94.7% acceptance. The cardamom seed oil not affected sensorial quality and favors its antioxidant health potential.

Key words: antioxidant capacity, polyphenols, ORAC.

INTRODUCCIÓN.

La planta de cardamomo contiene hasta 3% de aceites esenciales con actividad biológica (Govindarajan *et al.*, 1982; Acharya *et al.*, 2010) y son considerados ingredientes potenciales para la industria de alimentos, por ello se utilizó aceite de semillas del cardamomo colombiano en la elaboración de un helado tipo Premium y se evaluó su capacidad antioxidante y calidad sensorial.

MATERIALES Y METODOS.

Extracción de aceite de las semillas del cardamomo.

El aceite esencial de las semillas de cardamomo se obtuvo por el método de arrastre por vapor (Stashenko, 1995).

Elaboración de helado de cardamomo. Se empleó leche líquida entera, leche en polvo entera, leche en polvo descremada, aceite de cardamomo, crema de leche, sacarosa, glucosa, estabilizante/emulsificante, agua. Se calentaron todos los líquidos, se adicionaron los sólidos y las grasas. Se pasteurizó, se refrigeró, se aireó la mezcla, se adicionó el aceite y congeló.

Capacidad antioxidante y fenoles totales. Se empleó método ORAC y Folin-Ciocalteu respectivamente (Areiza *et al.*, 2013).

Prueba de aceptación del néctar. Se evaluó por panelistas no entrenados mediante prueba afectiva de aceptación y escala Hedónica.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron con el programa R (versión 3.0.2) y son reportados como media \pm error estándar (SE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se obtuvo 8,5 mL de aceite esencial un rendimiento de 0,65%, índice de refracción a 25.5°C de 1,462, densidad: 0.919 g/mL. El valor ORAC fue 1732,70 \pm 0,18 $\mu\text{mol TE}/100\text{mL}$ y el contenido de fenoles totales 359,11 \pm 0,08 equivalentes de ácido gálico mg/100 mL. La capacidad antioxidante obtenida es inferior al reportado para el café que presenta valor ORAC mayor (10656,2 \pm 430 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ mL}$). La capacidad antioxidante del cardamomo se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en el aceite (Acharya *et al.*, 2010; Govindarajan *et al.*, 1982) y se ha reportado que consumir 3 g/día de cardamomo por 12 semanas aumenta el estado antioxidante sérico (Verma *et al.*, 2010), lo que sugiere que el consumo de nuestro producto con 94.7% de aceptación, podría ser benéfico para la salud.

CONCLUSIÓN

El cardamomo puede ser un nuevo ingrediente y materia prima local para elaborar éste producto con características funcionales y excelentes calidad sensorial.

BIBLIOGRAFÍA.

- Acharya, A., I. Das, S. Singh and T. Saha. 2010. Chemopreventive properties of indole-3-cannabinol, diindolylmethane and other constituents of cardamom against carcinogenesis. *Recent Patents of Food Nutrition and Agriculture*. 2 (2): 166 – 177.
- Areiza-Mazo, N., M.E. Maldonado y B. Rojano. 2013. Extracto acuoso de uchuva (*Physalis peruviana*): actividades antiproliferativa, apoptótica y antioxidante. *Perspectivas en Nutrición Humana* 15(1): 41-55.
- Govindarajan, V.S., S. Narasimhan, K.G. Raghuveer and Y.S. Lewis. 1982. Cardamom production, technology, chemistry and quality. *Critics Review of Food Science Nutrition*. 16 (3): 229 – 326.
- Stashenko, E. 1995. Plantas aromáticas y aceites esenciales. Bucaramanga (Colombia). Universidad Industrial de Santander. Grupo de fitoquímica, Escuela de química.
- Verma, S.K, V. Rajeevan, A. Bordia and V. Jain, V. 2010. Greater Cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.) A cardio-adaptogen against physical stress. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*. 4 (2): 55 – 58.

Efecto del Yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) sobre Pasabocas de Mango (*Manguifera Indica L.*) por Fritura al Vacío

Effect of Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) on Mango (*Manguifera Indica L.*) Snack Through Vacuum Frying

^{1,2}Rafael H. Villamizar Vargas., ¹Laura S. Torres Valenzuela

1 Docente investigador, Ingeniería Agroindustrial Universidad La Gran Colombia – Armenia

2 Docente investigador, Química Universidad del Quindío

Autor para correspondencia rhvillamizar@uniquindio.edu.co

Resumen. Se aplicó la fritura al vacío en la obtención de un pasabocas de mango enriquecido con yacón evaluando sus parámetros de calidad. La fritura se realizó a 0,5 bar de presión de vacío, temperaturas (115 y 125°C) y tiempos (2,5 y 3,0 min) con diferentes porcentajes de yacón en peso (20 y 30%). Los resultados mostraron que el yacón, afecta positivamente las características de calidad del pasabocas, al encontrarse un bajo contenido de grasa, una textura acorde con los productos del mercado y una pequeña variación del color logrando su intensificación.

Palabras clave: Color, textura, grasa, calidad

Abstract. Vacuum frying was applied to obtain yacon enriched mango snacks assessing their quality parameters. Frying was performed at 0.5 bar vacuum pressure, temperatures (115 and 125 °C) and times (2.5 and 3.0 min) with different weight percentages of yacon (20 and 30%). The results showed that yacon positively affects the quality characteristics of snacks, finding low fat content, texture according to market products and a small color variation achieving its intensification.

Key words: Color fat, texture quality.

INTRODUCCIÓN

El yacón, un tubérculo andino rico en fructooligosacáridos e inulina, reductores del nivel de glucosa en la sangre (Simonovska *et al.*, 2003); Estos tubérculos también son ricos en antioxidantes (Campos *et al.*, 2012). Además, el mango es una de las frutas más importantes del mundo, debido a su sabor y valor nutricional, rica en agua, azúcares, fibra, minerales, vitaminas, ácido málico, palmítico, p-cumárico y mirístico, vitamina C y alto contenido en vitamina A (Stafford, 1983). La variedad Tommy Atkins es la de mayor producción a nivel nacional técnicamente (CCI, 2009). Durante la fritura, el alimento es sumergido en aceite a una temperatura arriba del punto de ebullición del agua (Bouchon *et al.*, 2003), generando cualidades organolépticas exigidas por los consumidores. Los altos contenido de grasa no son aptos para el consumidor

(USDA-ARS., 2008) pero trabajando al vacío, se reduce el contenido de grasa (Garayo y Moreira, 2002), mejorando la calidad organoléptica y nutricional (Da Silva y Moreira, 2008; Troncoso *et al.*, 2009). El proceso genera la desnaturalización de la proteína, la gelatinización del almidón, la vaporización del agua, la formación de la corteza y el desarrollo del color (Mir-Bel *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de yacón sobre la calidad de un pasabocas de mango obtenido por fritura al vacío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración del pasabocas. Se utilizó mango tomy atkins entre 14 y 15°brix y yacón del mercado local con 14 °Brix y pH de 6,16. Los mangos y el yacón fueron lavados, pelados y despulpados; se tomó 230 g de pulpa de mango y se le adiciono yacón en 20% en peso para la primera formulación y 30% para la segunda, la preparación de la pasta y la fritura se realizó según metodología reportada por Villamizar *et al.*, (2012). Para cada prueba el aceite de palma se llevó a 115 y 125°C, luego a la presión de vacío de 0,5 bar, sumergiéndose la pasta por 2,5 y 3,0 min. El pasabocas se retiró y se le extrajo la grasa superficial. Las diferentes muestras según los tratamientos realizados por triplicado, fueron analizadas realizándose tres repeticiones por característica.

Análisis fisicoquímico. Se determinó el color con un colorímetro (Minolta CR. 10), sistema CIELAB, con iluminante D65 y 10° para el observador. Tomando L*, a*, b* y calculando el ΔE. Para determinar la fuerza de quiebre, se utilizó un analizador de textura (TA. XT. Plus) con fuerza de 5 g y distancia de 3 mm, con velocidad de 10 mm/s. El contenido de grasa se determinó utilizando un detector de grasas (DET. GRAS P SELECTA) mediante el método DG. 01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del pasabocas. La Figura 1 muestra las características del pasabocas con relación al cambio de las variables temperatura, tiempo y porcentaje de yacón de cada tratamiento.

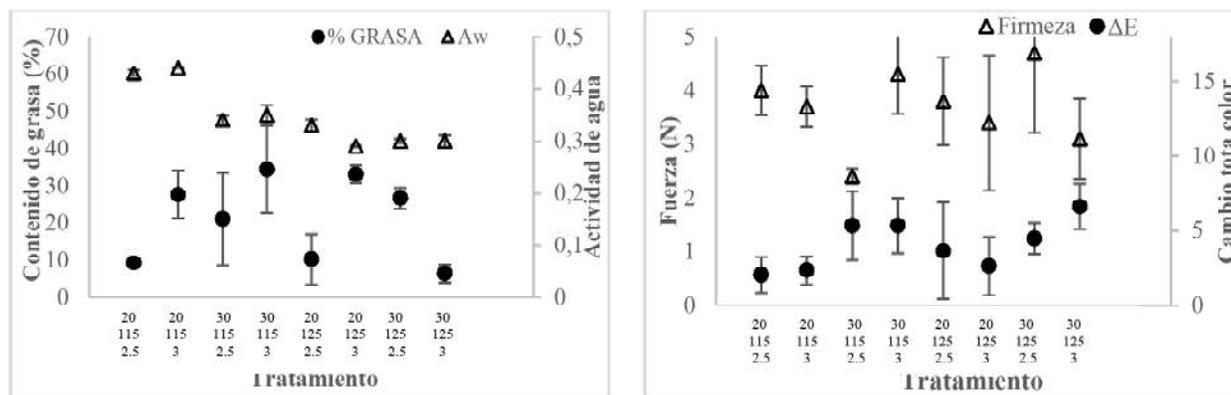


Figura 1. Características del pasabocas

El cambio en el color varía poco, a pesar del yacón, ya que en vacío disminuye la temperatura impidiendo la generación de compuestos causantes de colores oscuros (reacción de Maillard) (Da Silva y Moreira, 2008). El comportamiento de la textura expresado en Newton, muestra cómo la adición de yacón afecta positivamente la fuerza de quiebre debido a la mayor cantidad de almidón que presenta el pasabocas. A medida que la temperatura, el tiempo y el contenido de yacón aumentan, el contenido de grasa disminuye (Villamizar *et al.*, 2012). Se presenta evaporación parcial del agua, siendo reemplazada por el aceite, cuando el pasabocas sale aumenta rápidamente la presión y la temperatura de los poros, se genera la adherencia del aceite en la superficie del pasabocas y penetra en él, (efecto esponja) (Troncoso *et al.*, 2009). Se encuentra que el mejor comportamiento en textura, color, contenido de grasa y actividad de agua es a 30% de yacón, 125 °C de temperatura y 3 min de tiempo de inmersión. Además, comparando los resultados reportados por Villamizar, quien estudio el efecto del vacío sobre un pasabocas de mango (Villamizar *et al.*, 2012), el pasabocas mejoro en cuanto a textura, color y contenido de grasa.

CONCLUSIÓN

La utilización de yacón como sustituto del almidón adicionado en la preparación de un pasabocas de mango afecta satisfactoriamente sus características de calidad ya que se encuentran dentro de los valores aceptados por la industria, siendo las mejores características: color (ΔE , $6,61 \pm 1,51$), textura (fuerza de quiebre, $3,10 \pm 0,75$ N) y contenido de grasa (%grasa, $6,41 \pm 2,37$).

BIBLIOGRAFÍA

Bouchon, P., J.M. Aguilera., D.L. Pyle. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal Food Science*. 68 (9): 2711-2716.
 Campos, D., I. Betalleluz, R. Chirinos, A. Aguilar, G. Noratto and R. Pedreschi. 2012. Prebiotic effects of yacón

(*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemical*, 135(3): 1592-1599.
 CCI. 2009 Proyecto Mango De Exportación, Corporación Colombia Internacional. Disponible en: http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/520mango_exp_consejo_mango_jun2009.pdf
 Da Silva, P.F. and R.G. Moreira. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *Food Science Techno-LEB*. 41 (10): 1758-1767.
 Fillion, L. and C.J. Henry. 1998 Nutrient losses and gains during frying: A review. *International Journal Food Science Nutrition*. 49 (2): 157-168.
 Garayo J. and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. *Journal Food Engineering*. 55 (2): 181-191.
 Mir-Bel, J., R. Oria. and M.L. Salvador. 2009. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal Food Engineering*. 95 (3): 416-422.
 Simonovska, B., I. Vovk, S. Andrenšek, K. Valentová, J. Ulrichová. 2003. Investigation of phenolic acids in yacón (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers, *Journal of Chromatography A*, 1016 (1): 89-98.
 Stafford, A.E. 1983. Mango. (pp. 399-431) in: H.T. Chan, Jr. (Ed.). *Handbook of tropical foods*. Marcel Dekker, Inc., New York.
 Troncoso, E., F. Pedreschi and R.N. Zuñiga. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Food Science Technol-LEB*. 42 (1): 187-195.
 USDA-ARS. National nutrient database for standard reference [Internet]. USDA. 2008 [Citado 2012 Ene 8]. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
 Villamizar, R., G. Giraldo and C. Quiceno. 2012. Efecto del proceso de fritura al vacío sobre la calidad de un pasabocas de mango (*Manguifera indica* L.) *Revista Acta Agronómica*. 61 (1): 40 -51.

Orac y Polifenoles de Vino de Mortiño Obtenido Bajo Diferentes Métodos de Maceración

Orac and Polyphenols From Mortiño Wine Obtained By Different Maceration Methods

Isabel Cristina Zapata Vaho¹; Susana Ochoa²; Arley David Zapata³; Sebastián F Cavalit⁴ y Benjamin Alberto Rojano⁵

¹ Profesor auxiliar, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente, izapata@uco.edu.co

² Candidata a Magister en Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia, ssalvina@gmail.com

³ Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, azapata@unal.edu.co

⁴ Centro Industrial de Fermentación, CINDEFI, Universidad Nacional de la Plata, Argentina;

⁵ Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, brojano@unal.edu.co

Resumen. Se prepararon tres bebidas alcohólicas a partir de mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) con tres diferentes métodos de macerado: calentado, macerado mecánico y una combinación de ambos tratamientos (vino mixto), posteriormente se determinó la actividad antioxidante por las metodologías: ORAC, contenido fenólico y Antocianinas totales. No se hallaron diferencias significativas entre el vino calentado y el mixto, pero si con respecto al macerado.

Palabras claves: Fermentación, Actividad antioxidante, Antocianinas

Abstrac. Three alcoholic beverages from mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) were prepared by three different methods of mash: heated, mechanic mashing and a combination of both treatments. After that, the antioxidant activity of wine was examined by different methodologies: ORAC, phenols content and total anthocyanins. This study did not find significant differences between the heated and mixed wine, however the mashing wine was different.

Key words: Fermentation, antioxidant activity, anthocyanins

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV), el *vino* es exclusivamente la bebida obtenida de la fermentación alcohólica completa o parcial de la uva fresca, prensada o no, o del mosto de uva [OIV]. No obstante, debido a las similitudes tecnológicas en la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas a base de frutas, la denominación *vino de fruta* podría utilizarse adecuadamente para nombrar este tipo de productos.

El vino de fruta se obtiene a partir de una fermentación alcohólica en la que se presenta una conversión anaerobia, mediada por microorganismos de azúcares como la glucosa y la fructosa, en etanol, dióxido de carbono y energía para las células. Este proceso es llevado a cabo por levaduras, especialmente del género *Saccharomyces* (Fugelsang y Edwards, 2007).

El vino, especialmente el vinotinto, es una fuente de polifenoles, como: Catequina, epicatequina, quercetina, rutina, miricetina y antocianinas (la más abundante es malvidin – 3 – Oglucosido), oligomérico y proantocianidinas poliméricas, ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido cafeico, p-cumárico, etc), Estilbenos (trans- resveratrol) y muchos otros polifenoles. La mayoría de estos han reportado actividad biológica múltiple tales como propiedades cardioprotectoras, antiinflamatorias, anti-carcinogénicas, antivirales y antibacteriales, ayudan a reducir el riesgo de enfermedades crónicas y en general tienen un efecto positivo sobre la salud (King *et al.*, 2006) presentando cualidades nutraceuticas. Debido a esto se ha incrementado el interés por los vinos (Tucker y Robards, 2008). El mortiño es una fruta que ha reportado actividad antioxidante expresada en antocianinas y polifenoles (Gaviria *et al.*, 2012, Lopera *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo es entonces evaluar la actividad antioxidante de la bebida alcohólica de mortiño preparada a partir de tres diferentes métodos de macerados de la fruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de vino. Los frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale Sw.*) se obtuvieron en el mercado local del municipio del Retiro – Antioquia (Colombia). Se realizaron tres tratamientos de maceración previa a la fermentación: maceración mecánica (MAC), cocción de la fruta (CAL) y combinación de ambos (MIX). En todos los tratamientos se realiza una dilución 1:1, con respecto a la proporción de fruta en el mosto y adición de agua, tomando como referencia la cantidad de Brix ajustado hasta 25 adicionando sacarosa. La fermentación de 1 kg de Mosto se realiza por 30 días y por triplicado. Se empleó una levadura convencional de *Saccharomyces cerevisiae* liofilizada, previamente tratada con agua a 37°C.

Técnicas antioxidantes. Antocianinas totales. Se determinaron mediante el método diferencial de pH (Gaviria *et al.*, 2012). Fenoles totales. Se determinaron por el método

colorimétrico de folin - ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Ensayo ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity). Se empleó el método fluorimétrico descrito por (Zapata *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A los 30 días de fermentación se retiró el mosto, se filtró el vino y se clarificó. Se observó un color diferente en MAC debido a que éste presentaba un color café, mientras CAL y MIX tenían un color rojo intenso. El contenido de etanol obtenido en cada tratamiento se encontró entre 90g/L y 79g/L, correspondiendo el valor superior al tratamiento Calentado. Se realizó análisis de la actividad antioxidante por las técnicas obteniendo los resultados ilustrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Medición de actividad antioxidante en vinos obtenidos.

TRATAMIENTO	Fenoles mg A gálico/L	Antocianinas totales mg cianidin 3 glucósido/L	ORAC µmol Trolox / L muestra
CAL	1816,71 ± 88,39 ^a	240,74 ± 11,15 ^a	140920,1 ± 25827,77 ^a
MIX	1835,23 ± 32,41 ^a	232,45 ± 5,54 ^a	123804,25 ± 41,3 ^a
MAC	1155,83 ± 32,41 ^b	10,63 ± 1,26 ^b	138116,64 ± 776,99 ^a

Valores ± desviación, igual letra por columna no presenta diferencias significativas (Nivel 5%)

MIX y CAL no presentaron diferencias significativas en ninguna de las técnicas analizadas, presentando valores altos en fenoles y antocianinas totales, pero no en ORAC para MIX. La técnica ORAC, no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos. MAC presenta una menor actividad, esto puede ser explicado por efectos de temperatura. Estos resultados son comparables por los reportados por (Porgali y Büyüktuncel, 2012) con vinos de uva como el Karpát con 1836,0 ± 40,5 mg A gálico/L en composición de fenoles totales y vino Buzbag con 3466,0 ± 54,4 en fenoles, lo que muestra que el vino elaborado con mortiño presenta una alta actividad comparando los fenoles en los tres tratamiento, pero obteniendo los valores más altos para CAL y MIX, lo que indica que el sometimiento a temperatura ayuda a una mejor extracción de los compuestos fenólicos.

CONCLUSIÓN

El tratamiento en la maceración ya sea mecánica o con calor afecta directamente la extracción de compuestos que expresan actividad antioxidante. El vino obtenido con una maceración previa al calentamiento y el mixto son los que expresan mayor potencial antioxidante.

AGRADECIMIENTO

Gobernación de Antioquia por financiación del convenio no.2013AS180003.

BIBLIOGRAFÍA

- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft and -technologie/Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Gaviria Montoya, C, J. D. Hernández Arredondo, M. Lobo Arias, C.I. Medina Cano y B.A. Rojano. 2012. Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale Sw.*) durante su Desarrollo y Maduración. *Rev. Fac.Nal.Agr.Medellín* 65(1): 6487-6495.
- Fugelsang Kenneth C and G. Edwards Charles. 2007. *Wine Microbiology: Practical Applications and Procedures*. Edition: 2nd. Springer.
- King, R. E., J. A. Bomser and D. B. Min. 2006. Bioactivity of resveratrol. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 65-70.
- Lopera Y., J. Fantinelli, L.F. Gonzalez, B. A. Rojano, J.L. Rios, G. Schinella and S. Mosca. 2013. Antioxidant Activity and Cardioprotective Effect of a Nonalcoholic Extract of *Vaccinium meridionale Swartz* during Ischemia-Reperfusion in Rats. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. 516727:1-10
- En: Organización internacional de la viña y el vino. [OIV], <http://www.oiv.int/oiv/info/frdefinitionproduit#vins:consulta:abril,2014>.
- Porgali, E and E. Büyüktuncel. 2012. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. *Food Research International*, 45(1), 145-154.
- Singleton, V. L and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *En: American vJournal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Tucker, G and K. Robards. 2008. Bioactivity and structure of biophenols as mediators of chronic diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10): 929-966
- Zapata K., F.B. Cortes, y B.A. Rojano. 2013. Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica*. 24(5): 103-112.

Relación entre Compuestos Bioactivos y Actividad Antioxidante de Polen Apícola Empleando Análisis de Correlación Canónica

Relationship Between Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Bee-Pollen Using Canonical Correlation Analysis

Carlos M. Zuluaga D.¹; Marta C. Quicazán de Cuenca.²

¹ Ingeniero Químico, Ph.D. (c) Ingeniería Química. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA y Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. cmzuluagad@unal.edu.co

² Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia. mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. El polen apícola es un alimento de la colmena que los humanos colectan debido a su alto valor nutricional. Desde algunos años, este producto también ha sido reconocido como un alimento funcional por su contenido de compuestos bioactivos y alta capacidad antioxidante. En particular, el polen de la región colombiana del Altiplano Cundiboyacense contiene valores de metabolitos secundarios y actividad antioxidante que están entre los más altos del mundo. En este trabajo se caracterizó el contenido de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, así como se estableció una correlación entre tales parámetros en el polen apícola. En total, se recolectaron 27 muestras, para ser medidos los contenidos de fenoles, carotenoides y flavonoles totales; así mismo, la actividad antioxidante fue medida por los métodos ABTS y FRAP. Los resultados obtenidos fueron analizados por la técnica multivariada de Correlación Canónica (CCA). Se encontró una tendencia satisfactoria entre los parámetros bioactivos y la actividad antioxidante ($r^2 = 0,8771$), indicando la relación a nivel *in vitro* entre tales características.

Palabras claves: Alimento funcional, carotenoides, flavonoles, metabolito secundario

Abstract. Bee-pollen is a food of the hive which humans collect because of its high nutritional value. Since some years, this product has also been recognized as a functional food for its content of bioactive compounds and high antioxidant capacity. In particular, bee-pollen of the Colombian region known as Cundiboyacense highland contains values of secondary metabolites and antioxidant activity which are among the highest in the world. This study sought to characterize the content of bioactive compounds and antioxidant activity as well as finding a relationship between these parameters in bee-pollen. In total, 27 samples were collected, to which were quantified the contents of total phenolics, total carotenoids and total flavonols, likewise, the antioxidant activity was measured by the ABTS and FRAP methods. The obtained results were analyzed by the multivariate technique of Canonical Correlation

(CCA). A satisfactory trend among bioactive parameters and antioxidant activity ($r^2 = 0.8771$) was found, indicating the *in vitro* relationship between such characteristics.

Key words: Functional food, carotenoids, flavonols, secondary metabolite

INTRODUCCIÓN

El contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en los alimentos están recibiendo un interés creciente en las últimas décadas como resultado de numerosos estudios que los relacionan con la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. Los productos apícolas están entre aquellos alimentos con los mayores indicadores de capacidad antioxidante, particularmente el polen apícola. Estas características dependen estrechamente de factores geográficos y botánicos (Domínguez-Valhondo *et al.*, 2011).

Por otra parte, cerca del 90% del polen comercializado en el país proviene del Altiplano Cundiboyacense (Martínez, 2006), región que se caracteriza por ubicarse por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar. El polen de alta montaña es asociado con una mejor calidad en términos de concentración de metabolitos secundarios, en particular flavonoides y antioxidantes. Teniendo en cuenta que el polen sirve como un mensajero para la reproducción de las plantas, la alta actividad antioxidante puede entenderse como un instrumento para evitar el daño del ADN que está contenido en el grano por efecto de la radiación UV, usualmente alta en zonas de gran altitud.

En este trabajo, se muestran los valores de capacidad antioxidante por las técnicas FRAP y ABTS, así como el contenido de compuestos bioactivos: carotenoides, fenoles y flavonoles totales en polen apícola. Finalmente, se determinó la relación existente entre tales características, a través de la técnica multivariada de Análisis de Correlación Canónica (CCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 27 muestras de polen apícola originarias del Altiplano Cundiboyacense Colombiano, las cuales fueron almacenadas bajo refrigeración hasta análisis. Las metodologías analíticas realizadas fueron: cuantificación total de carotenoides (Contreras, 2004), fenoles (Stratil *et al.*, 2006) y flavonoles (Zhishen *et al.*, 1999). Por otra parte, la actividad antioxidante fue medida por las técnicas ABTS (Brand-Williams *et al.*, 1995) y FRAP (Benzie y Strain, 1996). Con el fin de encontrar una relación multivariada entre los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, se empleó el método de Análisis de Correlación Canónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2, se observan los resultados del análisis de compuestos bioactivos y actividad antioxidante, respectivamente. Por otra parte, en la Figura 1 se muestra el resultado del CCA.

Tabla 1. Resultados de compuestos bioactivos de polen apícola. Reporte en base seca.

	Fenoles Totales mg ácido gálico/g	Carotenoides Totales mg β-caroteno/kg	Flavonoles Totales mg equivalentes Quercetina/g
Promedio ± Desviación	13,032 ± 3,792	1212,142 ± 830,837	5,770 ± 0,659
Rango (Mínimo - Máximo)	6,152 - 21,207	158,284 - 2498,464	4,640 - 7,097

Tabla 2. Resultados de actividad antioxidante de polen apícola. Reporte en base seca.

	FRAP mmol TROLOX / g	ABTS mmol TROLOX / g
Promedio ± Desviación	0,075 ± 0,014	0,073 ± 0,028
Rango (Mínimo - Máximo)	0,047 - 0,097	0,028 - 0,136

En particular, los resultados obtenidos para carotenoides totales presentaron una alta variabilidad, debido probablemente a los diferentes orígenes botánicos de los pólenes recolectados. Estos datos serán de gran utilidad para caracterizar el polen del Altiplano Cundiboyacense en estos parámetros. Además, el Análisis de Correlación Canónica mostró una tendencia satisfactoria entre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, con un coeficiente de correlación $r^2=0,8771$.

CONCLUSIÓN

Este trabajo caracterizó el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de polen apícola del Altiplano Cundiboyacense Colombiano. El análisis de correlación

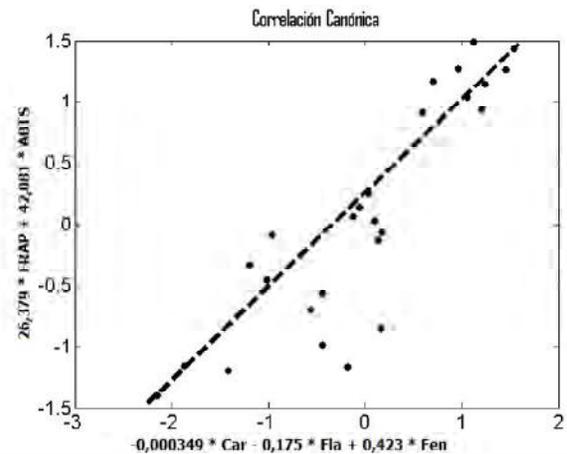


Figura 1. Resultado del Análisis de Correlación Canónica.

entre estos parámetros mostró una concordancia satisfactoria ($r^2=0,8771$) que permite inferir la estrecha relación entre los metabolitos secundarios y la capacidad antioxidante del producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS y a las empresas Apiario los Cerezos y Apiarios El Pinar.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzie, F. and J. Strain. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70–76.
- Brand-Williams, W., M. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28(1): 25–30.
- Contreras-Villar, O. H. 2004. Relación entre el contenido de caroteno, color y características botánicas del polen corbicular. Tesis en Ingeniería de Alimentos. Universidad Austral de Chile, Santiago. 102 p.
- Domínguez-Valhondo, D., D. Bohoyo Gil, M.T. Hernández and D. González-Gómez. 2011. Influence of the commercial processing and floral origin on bioactive and nutritional properties of honeybee-collected pollen. *International Journal of Food Science & Technology* 46(10): 2204–2211
- Martínez, T. 2006. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Bogotá D.C. 121 p.
- Stratil, P, B. Klejdus and V. Kubán. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables - evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(3): 607–616.
- Zhishen, J., T. Wengcheng and W. Jianming. 1999. The determination of avonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superior radicals. *Food Chemistry* 84: 555–559.

Aceite Esencial de las Semillas de Cardamomo (*Elettaria cardamomum*) en Helado Tipo Premium

Essential Oil Seeds of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) in an Ice Cream Premium Type

Luz A. Urango¹, María E. Maldonado², Oscar Manrique C³, Carlos Peláez⁴.

1. Nutricionista Dietista. Mg. Profesora Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad Antioquia, Email:luzurango@gmail.com

2. Bióloga, PhD Sc. Profesora Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad Antioquia

3. Químico farmacéutico. Esp mercadeo. Profesor Facultad de química Farmacéutica, Universidad Antioquia

4. Químico, Dr. Química. Profesor Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia

Resumen. Se preparó un helado tipo Premium adicionado con aceite de semillas de cardamomo y se evaluó la capacidad antioxidante del producto elaborado. El aceite se extrajo por arrastre de vapor, el helado se elaboró según NTC-1239, se midió capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y se evaluó sensorialmente. Se encontró valor ORAC 1732.7 μmol equivalentes trolox/100 mL y el contenido de fenoles totales fue 359.1 mg/100 mL. El análisis sensorial mostró 94,7% de aceptación del helado. El aceite de cardamomo no afectó la calidad sensorial y es un potencial alimento con beneficio antioxidante para la salud.

Palabras clave: capacidad antioxidante, polifenoles, ORAC.

Abstract. An ice cream premium type was manufactured with cardamom seed oil and antioxidant capacity of ice cream was evaluated. The oil was extracted by steam distillation technique, ice cream type was developed according Premium NTC-1239 with the addition of cardamom oil, antioxidant capacity and phenolic content were measured, and sensory analysis was done. ORAC value was 1732.7 $\mu\text{mol TE} / 100 \text{ mL}$ and phenolic content was 359.1 mg / 100 mL. Sensory analysis showed 94.7% acceptance. The cardamom seed oil not affected sensorial quality and favors its antioxidant health potential.

Key words: antioxidant capacity, polyphenols, ORAC.

INTRODUCCIÓN.

La planta de cardamomo contiene hasta 3% de aceites esenciales con actividad biológica (Govindarajan *et al.*, 1982; Acharya *et al.*, 2010) y son considerados ingredientes potenciales para la industria de alimentos, por ello se utilizó aceite de semillas del cardamomo colombiano en la elaboración de un helado tipo Premium y se evaluó su capacidad antioxidante y calidad sensorial.

MATERIALES Y METODOS.

Extracción de aceite de las semillas del cardamomo.

El aceite esencial de las semillas de cardamomo se obtuvo por el método de arrastre por vapor (Stashenko, 1995).

Elaboración de helado de cardamomo. Se empleó leche líquida entera, leche en polvo entera, leche en polvo descremada, aceite de cardamomo, crema de leche, sacarosa, glucosa, estabilizante/emulsificante, agua. Se calentaron todos los líquidos, se adicionaron los sólidos y las grasas. Se pasteurizó, se refrigeró, se aireó la mezcla, se adicionó el aceite y congeló.

Capacidad antioxidante y fenoles totales. Se empleó método ORAC y Folin-Ciocalteu respectivamente (Areiza *et al.*, 2013).

Prueba de aceptación del néctar. Se evaluó por panelistas no entrenados mediante prueba afectiva de aceptación y escala Hedónica.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron con el programa R (versión 3.0.2) y son reportados como media \pm error estándar (SE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se obtuvo 8,5 mL de aceite esencial un rendimiento de 0,65%, índice de refracción a 25,5°C de 1,462, densidad: 0.919 g/mL. El valor ORAC fue 1732,70 \pm 0,18 $\mu\text{mol TE}/100\text{mL}$ y el contenido de fenoles totales 359,11 \pm 0,08 equivalentes de ácido gálico mg/100 mL. La capacidad antioxidante obtenida es inferior al reportado para el café que presenta valor ORAC mayor (10656,2 \pm 430 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ mL}$). La capacidad antioxidante del cardamomo se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en el aceite (Acharya *et al.*, 2010; Govindarajan *et al.*, 1982) y se ha reportado que

consumir 3 g/día de cardamomo por 12 semanas aumenta el estado antioxidante sérico (Verma *et al.*, 2010), lo que sugiere que el consumo de nuestro producto con 94.7% de aceptación, podría ser benéfico para la salud.

CONCLUSIONES.

El cardamomo puede ser un nuevo ingrediente y materia prima local para elaborar éste producto con características funcionales y excelentes calidad sensorial.

BIBLIOGRAFÍA.

Acharya, A., I. Das, S. Singh and T. Saha. 2010. Chemopreventive properties of índole-3-cannabinol, diindolylmethane and other constituents of cardamom against carcinogénesis. *Recent Patents of Food Nutrition and Agriculture*. 2 (2): 166 – 177.

Areiza-Mazo, N., M.E. Maldonado y B. Rojano. 2013. Extracto acuoso de uchuva (*Physalis peruviana*): actividades antiproliferativa, apoptótica y antioxidante. *Perspectivas en Nutrición Humana* 15(1): 41-55.

Govindarajan, V.S., S. Narasimhan, K.G. Raghuvier and Y.S. Lewis. 1982. Cardamom production, technology, chemistry and quality. *Critics Review of Food Science Nutrition*. 16 (3): 229 – 326.

Stashenko, E. 1995. Plantas aromáticas y aceites esenciales. Bucaramanga (Colombia). Universidad Industrial de Santander. Grupo de fitoquímica, Escuela de química.

Verma, S.K, V. Rajeevan, A. Bordia and V. Jain, V. 2010. Greater Cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.) A cardio-adaptogen against physical stress. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*. 4 (2): 55 – 58.

Estudio del Grado de Modificación Química del Aislado Proteico de la Microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*).

Study of Chemical Degree Modification of Protein Isolated from the Microalgae Spirulina (Arthrospira maxima)

Juan Carlos Letelier Carvajal¹; Mónica Tejo Cavalcanti²; Pedro Cerezal Mezquita³

1 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, juan.letelier@uantof.cl

2 Professora, Unidade Academica de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciencias y Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Paraiba, Brasil, monicatejoc@yahoo.com.br

3 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, pedro.cerezal@uantof.cl

Resumen. Las microalgas han sido y siguen siendo utilizadas en la alimentación humana y animal debido a que son una importante fuente de nutrientes. Una de las más relevantes es la microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*). El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de modificación química del aislado proteico de la microalga *Spirulina* (*Arthrospira máxima*). Se implementaron técnicas para la obtención de un aislado proteico y la modificación química por acetilación y succinilación. El grado de modificación se determinó por la evaluación colorimétrica de la cantidad de lisina disponible en la muestra. Los resultados obtenidos indicaron la obtención de un aislado proteico con una concentración de proteínas final de 95,44%; en relación al rendimiento del aislado proteico, el contenido de proteínas recuperadas luego de la precipitación isoeléctrica fue de 76,56%. Con los resultados obtenidos para determinar el grado de modificación se pudo concluir que la modificación con anhídrido acético superó a la modificación química con anhídrido succínico para todos los niveles de concentración del reactivo empleado. Además, se concluyó que en la extensión de la modificación, se verificó

un índice mayor en el uso del anhídrido acético comparado con el empleo del anhídrido succínico.

Palabras Claves: Técnicas, acetilación, succinilación, lisina, harina, separación.

Abstract. Microalgae have been and still are used in human and animal nutrition because they are an important source of nutrients. One of the most relevant is the *Spirulina* microalgae (*Arthrospira maxima*). The aim of this study was to determine the degree of chemical modification of protein isolated from the *Spirulina* microalgae (*Arthrospira maxima*). Techniques for obtaining a protein isolate and chemical modification by acetylation and succinylation were implemented. The degree of modification was determined by colorimetric evaluation of the amount of available lysine in the sample. The results indicated the production of a protein isolate with a final protein concentration of 95.44%, in relation to the yield of protein isolate, the protein recovered after isoelectric precipitation was 76.56%. With the results obtained to determine the degree of modification it could be concluded that the modification

with acetic anhydride out performed chemical modification with succinic anhydride to all levels of concentration of the reagents used. Furthermore it is concluded that the extent of modification was verified a higher rate in the use of acetic anhydride as compared to the use of succinic anhydride.

Key words: Techniques, acetylation, succinilation, lysine, flour, separation.

INTRODUCCIÓN

En relación a los alimentos, la reacción de modificación química ha sido usada en diferentes casos, como por ejemplo, en el estudio de nuevas fuentes de enzimas, reacciones de acetilación de algunas proteínas, enriquecimientos de proteínas con ciertos aminoácidos limitantes (MET e LYS) y modificaciones de las propiedades de viscosidad y adherencia de las proteínas mediante tratamiento con álcalis (SpunProtein). Las modificaciones por acilación promueven una reacción del grupo amino desprotonado, que da origen a derivados de almidón, con propiedades que irán a depender del reactivo utilizado. Entre éstas, se tienen las reacciones de acilación, como la succinilación y acetilación. (Sgarbieri, 1996). En el presente estudio se tiene como objetivo el determinar el grado de modificación química del aislado proteico de la microalga Spirulina (*Arthrospira máxima*).

MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención del aislado proteico de la microalga se realizó según el método propuesto por Betschart y Saunders, (1978), aplicando los siguientes procedimientos: dilución de la biomasa seca en agua destilada en proporción de 1:10, ajustándose el pH a 10,0; centrifugación por 20 minutos; se determina la concentración de proteína del sobrenadante, precipitación de las proteínas, ajustando el pH a 5,0. Posteriormente se centrifuga en refrigeración por 20 minutos, el precipitado fue lavado, centrifugado nuevamente y en seguida fue liofilizado.

El aislado liofilizado fue modificado químicamente por acetilación y succinilación, utilizando la metodología descrita por Groninger, (1973). Dilución en agua destilada, en una proporción de 1:10, ajustándose el pH a 10.0 (2 - 4°C). Se adicionó anhídrido acético en concentraciones de 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 y 15,0%. El pH de la solución fue mantenido entre 8,0 y 8,5, con agitación constante. La reacción fue considerada completa, cuando el pH se mantuvo estable. El aislado proteico acetilado fue precipitado isoeléctricamente (pH 5,0) y en seguida, centrifugado a 5000G durante 20 minutos. El precipitado fue, lavado y nuevamente centrifugado (20 min.) y en seguida fue liofilizado. Para el caso de la modificación por succinilación se

procede de la misma forma que en la acetilación sustituyendo el anhídrido acético por el anhídrido succínico.

El grado de modificación de los aislados proteicos fue determinado colorimétricamente, de acuerdo con la metodología propuesta por Beckwith *et al.*, (1975), evaluando la cantidad de lisina disponible, la cual forma derivados coloridos de la reacción con la ninhidrina, que son producidos en un sistema de dimetilsulfoxida-DMSO. La absorbancia fue medida a 580nm. La diferencia entre los aislados proteicos modificados a diferentes niveles y el aislado no modificado fue usada como el índice del grado de modificación. En el estudio estadístico de los resultados, se utilizó el programa estadístico SPSS para Windows – 11.0 (SPSS. INC, 2001), donde se considera un nivel de probabilidad de error menor al 5% para determinar la significancia de todos los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grado de modificación de los aislados proteicos de la microalga es descrito en la Tabla 1.

Tabla 1. Grado de modificación del aislado proteico de la microalga Spirulina (*Arthrospira máxima*), tratado con anhídrido acético y succínico.

Concentración del Anhídrido (%)	Grado de acetilación (%)	Grado de succinilación (%)*
1,0 %	45,96 ± 0,089eA	34,34 ± 0,051eB
2,5 %	66,25 ± 0,051dA	60,71 ± 0,089dB
5,0 %	89,27 ± 0,103cA	80,30 ± 0,136cB
10,0 %	93,60 ± 0,051bA	91,91 ± 0,089bB
15,0%	97,03 ± 0,051aA	95,41 ± 0,136aB

Letras (en la columna) minúsculas diferentes presentan diferencia significativa ($p < 0,05$) por el teste de Tukey.

Letras (en la línea) mayúsculas diferentes presentan diferencias significativa ($p < 0,05$) por el teste t de student.

De acuerdo con los resultados indicados en la tabla, la modificación con anhídrido acético fue superior a la modificación química con anhídrido succínico para todos los niveles de concentración empleados. En el nivel más alto de la concentración de anhídrido acético (15%), fue modificado el 97,03% de la lisina, en tanto hubo un 95,41% de modificación de la lisina cuando se utilizó el anhídrido succínico en la misma concentración. Esta mayor eficiencia en la extensión de la modificación del anhídrido acético puede ser debido a que el anhídrido acético es líquido, por lo tanto tiene mayor solubilidad y capacidad de mezcla con la muestra. Estadísticamente, se puede constatar, que para el teste de Tukey, existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) para

cada nivel de modificación para el teste t de students también existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los reactivos de acilación en la extensión de la modificación, siendo que la extensión de la modificación provocada por el anhídrido acético es superior al anhídrido succínico.

CONCLUSIÓN

Según los objetivos propuestos y los resultados obtenidos se puede concluir que es factible implementar una técnica para la obtención de un aislado proteico a partir de harina integral de la microalga *Spirulina (Arthrospira máxima)*.

En la extensión de la modificación se observa un índice mayor en el uso del anhídrido acético comparado con el anhídrido succínico.

BIBLIOGRAFÍA

- Beckwith, A.C., F. Bonder and A. Ciegler. 1975 Direct estimation of lysine in corn meal by the ninhydrin color reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23, 194-196.
- Betschart, A.A. and M. Saunders. 1978. Safflower protein isolate. Influence of recovery conditions upon composition, yield and protein quality. *Journal of Food Science*. 43 (3): 964-968.
- Groninger, H.S. 1973. Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 21 (6): 978-981.
- Sgarbieri, V. 1996. Proteínas em alimentos protéicos. Propriedades, degradações, modificações. Primeira Edição, São Paulo, Ed. Varela Ltda., 517 p.

Efecto del Solvente de Extracción Sobre la Actividad Antioxidante de Feijoa

Effect of Extraction Solvent on the Antioxidant Activity of Feijoa

Andrea Milena Sánchez Riaño¹; Lina María García Rivera²;
Henry Alexander Váquiro Herrera³; José Fernando Solanilla Duque⁴

1. Asistente de Docencia, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima., Ibagué, Colombia. amsanchezri@ut.edu.co.
2. Joven Investigadora, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima., Ibagué, Colombia. imgarcia@ut.edu.co.
3. Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima., Ibagué, Colombia. havaquiro@ut.edu.co.
4. Docente Asociado, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad del Tolima., Ibagué, Colombia. jfsolanilla@ut.edu.co.

Resumen. Se evaluó el efecto de siete mezclas de solventes sobre la actividad antioxidante y el contenido fenólico total en muestras frescas de cáscara, pulpa y pulpa-semilla de feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Los resultados obtenidos en los ensayos de DPPH, ABTS y fenoles totales de cáscara (52,6 %, 91,3 % y 13,1 mg A.G. / g), pulpa (29,4 %, 58,4 % y 6,82 mg A.G. / g) y pulpa-semilla (16,5 %, 35,4 % y 4,17 mg A.G. / g) mostraron diferencias significativas. La mezcla acetona: agua (70:30) fue el solvente con mejores resultados por su afinidad con las proantocianidinas, compuestos antioxidantes mayoritarios en feijoa.

Palabras clave: ABTS, DPPH, fenoles totales, proantocianidinas, polaridad.

Abstract. The effect of seven solvent mixtures on the antioxidant activity and the total phenolic content in fresh samples of peel, pulp and seed-pulp of feijoa (*Acca Sellowiana* (O. Berg) Burret) was evaluated. The results obtained in the DPPH, ABTS and total phenols determinations for peel (52.6 %, 91.3 % and 13.1 mg AG / g), pulp (29.4 %, 58.4 % and 6.82 mg AG / g) and seed-pulp (16.5 %, 35.4 %

and 4.17 mg AG / g) showed significant differences. The mixture acetone : water (70:30) was the solvent with the best results for its affinity to proanthocyanidins, the major antioxidant compounds in feijoa.

Key Words: ABTS, DPPH, total phenols, proanthocyanidins, polarity

INTRODUCCIÓN

La inclusión de frutas en la dieta humana resulta benéfica por su alto contenido nutricional, en el cual se destaca la contribución de compuestos como flavonoides, terpenos, fenoles, saponinas, ácidos grasos, entre otros, denominados metabolitos secundarios, que presentan actividad biológica. El desarrollo de técnicas efectivas para la extracción de estos metabolitos durante su cuantificación juega un rol importante en la investigación hortofrutícola, donde la naturaleza química del solvente empleado debe ser afín a la matriz alimentaria.

Bushra *et al.*, (2009), evaluaron el efecto de cuatro solventes y dos sistemas de extracción en ocho especies de plantas

medicinales para la elección del solvente más efectivo. En el presente estudio se evaluaron siete mezclas de solventes, con un único sistema de extracción, sobre la actividad antioxidante en cáscara y parte comestible de feijoa en madurez fisiológica, para determinar el mejor solvente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acondicionamiento de la Muestra. La fruta se recolectó en la vereda "El Chuscal" de La Vega-Cundinamarca en madurez fisiológica. Se desinfectaron y se separó en cáscara (C), pulpa (P) y pulpa-semilla (PS). Se pesó $1,00 \pm 0,01$ g de muestra fresca por cada mezcla de solventes: Etanol : Agua (E/W 50:50; E/W 80:20), Etanol (E 96 %), Metanol: Agua (M/W80:20; M/W50:50), Acetona: Agua (A/W70:30) y A/W70:30+M/W50:50 (COMB) (Rufino *et al.*, 2010). Para el sistema de extracción por agotamiento de muestra se realizó agitación en Shaker durante 1 h a 19 ± 1 °C, ultraturax por 5 min a 0°C y centrifugación a 10000 rpm durante 15 min a 0 °C. El sobrenadante se aforó a 100 mL y los extractos se almacenaron a 4 °C hasta su análisis.

Determinaciones. A los extractos se les midió pH, sólidos totales, índice de refracción, densidad y color por colorimetría triestímulo sistema CIE L*a*b* D65 (Colorímetro CR-410 Konica Minolta, EE.UU.). Los fenoles totales (FT) (Shaghghi *et al.*, 2008) y actividad antioxidante (AA) ensayos radicales DPPH y ABTS (Kuskoski *et al.*, 2005) se evaluaron por espectrofotometría (Espectrofotómetro Genesys 10S UV-vis Thermo Scientific, EE.UU.). El contenido de FT se expresó

en miligramos de ácido Gálico por gramo de muestra fresca (mg AG / g). Todas las pruebas se hicieron por triplicado.

Los resultados se sometieron a análisis de varianza y test de diferencias mínimas significativas, ambos con 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de caracterización de los 21 extractos (datos no mostrados) para sólidos totales no mostraron diferencias significativas entre solventes, sin embargo, fueron más altos en P (A/W70:30), PS (M/W80:20 y M/W50:50) y C (COMB) que podría deberse a la afinidad química solvente-matriz. El color de todos los extractos se ubicó en el segundo plano del espacio CIE L*a*b* (luminoso, verde y amarillo) lo que sugiere presencia de clorofila y carotenoides, pigmentos que exhiben A.A. El pH de los extractos estuvo entre 3,58 y 5,05, lo cual favorece el contenido de FT, ya que estos compuestos son más estables a pH ácido. Según Wissan *et al.*, (2012), en su estudio sobre *Punica granatum*, el rendimiento de la extracción fue mayor a pH 3,5 para proantocianidinas (PA) (compuestos mayoritarios de A.A. en feijoa), y a pH 2,5 y 7,0 para FT. Los autores de este estudio concluyeron que un pH bajo degrada fenoles como las PA y a pH mayor a 5,0 se activan enzimas como la Polifenol Oxidasa que afecta el contenido de FT. Lo anterior explica los resultados del contenido de FT obtenidos para feijoa (Figura 1A), los cuales fueron significativamente mayores en P y PS A/W70:30 y C COMB (pH: 4,34; 4,36; 3,88; FT: 6,8; 4,2; 13,1 mg AG / g).

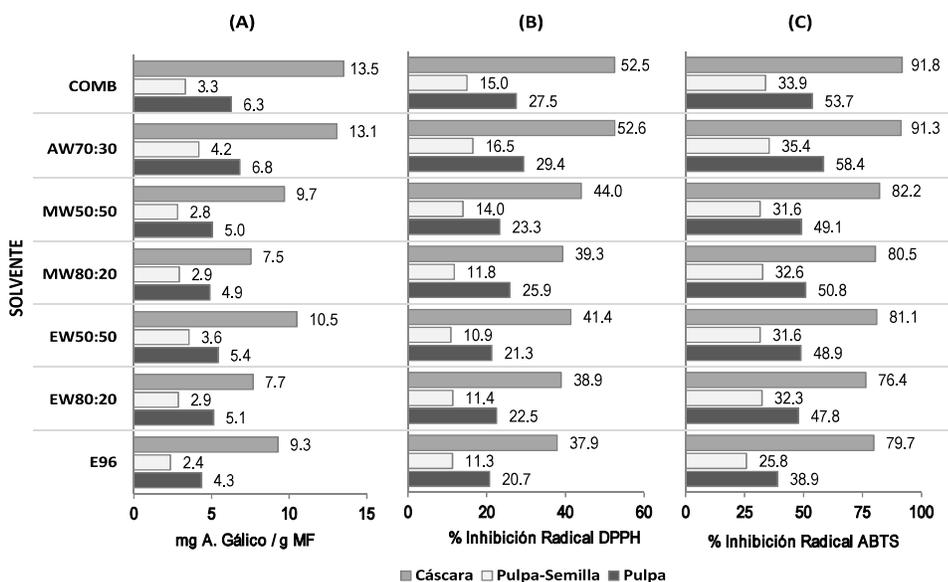


Figura 1. Actividad Antioxidante de extractos de feijoa en función del solvente de extracción. (A) Fenoles Totales, (B) Ensayo DPPH (% Inh. / g), (C) Ensayo ABTS (% inh. / g).

Las pruebas de DPPH y ABTS (Figuras 1B y 1C) arrojaron porcentajes de inhibición significativamente mayores en A/W70:30 seguido de COMB para las tres partes del fruto. Teniendo en cuenta que la polaridad del medio de extracción afecta la solubilidad y potencial redox de los fenoles de naturaleza polar (Pérez y Saura, 2006), la efectividad de A/W70:30 y COMB se atribuye a las PA (Weston, 2010), esto podría deberse a que sus grupos OH interaccionan con solventes orgánicos polares más agua, que rompen puentes de hidrógeno entre las PA y moléculas de la matriz, siendo aptas mezclas de A/W(50:50-80:20), seguidas de las de alcoholes-agua más afines a otras clases de fenoles (Zimmermann, 2005).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran a A/W70:30 como mejor medio de extracción de compuestos antioxidantes en feijoa, por la prevalencia de metabolitos de naturaleza polar en la matriz alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

A la Oficina de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad del Tolima. Proyecto 160212

BIBLIOGRAFÍA

Bushra, S., A. Farooq and A. Muhammad. 2009. Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. *Molecules* 14(6): 2167-2180.

- Kuskoski, E., A. Asuero, A. Troncoso y J. Roseane. 2005. Aplicación De Diversos Métodos Químicos Para Determinar Actividad Antioxidante En Pulpa De Frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 25(4): 726-732.
- Perez, J and F. Saura. 2006. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Research International*, 39(7): 791–800.
- Rufino, M., R.E. Alves, E.S. de Brito, J. Pérez, F. Saura and J. Mancini. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry* 121(4): 996–1002.
- Shaghghi, M., L. Jamshid and A.J. Manzoori. 2008. Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin–Ciocalteu spectrophotometric method. *Food Chemistry* 108(2): 695–701.
- Weston, R. J. 2010. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. *Food Chemistry* 121(4): 923–926
- Wissam, Z., B. Ghada, A. Wassim and K. Warid. 2012. Effective Extraction Of Polyphenols And Proanthocyanidins From Pomegranate's Peel. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4(3): 675-682.
- Zimmermann, B.F. 2005. Dissertation: Proanthocyanidins in barley and malt analyzed by pressurized liquid extraction, solid-phase extraction and HPLC. Edición 1, Alemania, Shaker Verlag GmbH, ISBN 3-8322-4723-8, (149p.).

Efecto de Incorporar Pasta de Ajonjolí (*Sesamum Indicum L.*) y Plasma Sanguíneo Bovino en Chorizos

Effect of Incorporating Sesame paste (Sesamum indicum L.) and Bovine Blood plasma in Chorizos

Lesbia Cristina Julio Gonzále¹, Piedad Margarita Montero Castill² y Diofanor Acevedo Correa³

1. Ingeniera de alimentos. Joven investigador Colciencias- Universidad de Cartagena Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería de Alimentos. Cartagena, Bolívar-Colombia <kristen_jg@hotmail.com>

1. Profesor Asociado, M.Scen Ciencia y Tecnología de Alimentos, vicedecana Facultad de Ingeniería, universidad de Cartagena. Cartagena, Bolívar-Colombia. Pmargaritamontero@hotmail.com

2. PhD en Ingeniería, docente Facultad de Ingeniería, universidad de Cartagena. Cartagena, Bolívar-Colombia.

Resumen. Se evaluó la calidad y aceptabilidad de productos cárnicos tipo chorizos formulados con plasma sanguíneo de bovino y pasta de ajonjolí. Para esto el contenido proximal se determinó siguiendo la Norma Técnica Colombiana 1325 (2008); para la evaluación sensorial se realizó una prueba afectiva de tipo aceptación, con un grupo de 50

consumidores, se utilizó una escala hedónica verbal de cinco puntos. Se observó que es posible remplazar porcentajes de agua por plasma sanguíneo de bovino y tocino por pasta de ajonjolí en la formulación de chorizos, para aumentar el contenido proteico y reducir el contenido de grasa, sin que ello tenga un efecto negativo en la aceptabilidad.

Palabras clave: Aceptabilidad, calidad, productos cárnicos.

Abstract. The quality and acceptability of meat products type chorizo formulated with blood bovine plasma and sesame paste were evaluated. For this the proximal content was determined following the Colombian Technical Standard 1325 (2008). To sensory evaluation was used an affective testing type acceptance, with 50 consumers. A hedonic verbal scale of five points was used. It was observed that it is possible to replace the water percentages bovine blood plasma and bacon for sesame paste in the formulation of chorizos, to increase the protein content and diminish fat content, without this having a negative effect on acceptability.

Key words: Acceptability, quality, meat products.

INTRODUCCIÓN

Entre las estrategias tecnológicas de desarrollo de alimentos bajos en grasa y alto contenido proteico, está la reformulación de alimentos, la cual permite la utilización de ingredientes tradicionales y de otros diseñados específicamente para ser dotados de unos atributos convenientes para conferirles propiedades saludables (Jiménez-Colmenero, 2013). En este contexto el empleo de pasta de ajonjolí elaborada a partir de semillas de ajonjolí provenientes de los Montes de María (Bolívar-Colombia) y la recuperación de la proteína sanguínea considerada desecho en las plantas de beneficio bovinas, ofrecen notables expectativas. El ajonjolí tiene un alto valor nutritivo, la calidad de su aceite esencialmente con alto contenido de ácido linoleico, hace de esta semilla una alternativa no cárnica para reducir el contenido de grasa animal en productos cárnicos (Acevedo *et al.*, 2013). Actualmente, la sangre de algunos animales como el bovino, es utilizada en diversos países para la elaboración de productos alimenticios como fuente de proteína de bajo costo (Isaza *et al.*, 2010; Benítez *et al.*, 2011; Julio *et al.*, 2011); sin embargo, la utilización de la sangre en la formulación de alimentos es limitada debido al fuerte olor y sabor que imparte a los mismos; por esta razón, la sangre es centrifugada obteniéndose el plasma y paquete globular. El plasma no imparte olor ni sabor a los productos; además de aportar proteína, posee importantes propiedades funcionales de aplicación en la industria de alimentos especialmente en la cárnica (Isaza *et al.*, 2010; Julio *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de plasma sanguíneo bovino y pasta de ajonjolí en el contenido de proteína, grasa y aceptabilidad de chorizos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la sangre y plasma sanguíneo: La sangre de bovino se obtuvo de la planta de sacrificio del municipio

de Arjona-Bolívar, fue recolectada en recipientes de vidrio con capacidad de 3 L, que contenían 4g/L anticoagulante (citrato de sodio), posteriormente fue refrigerada a 4°C y se sometió a separación por centrifugación en un equipo marca KUBOTA, modelo 1200. El plasma fue conservado en refrigeración a 4°C (Julio *et al.*, 2011).

Elaboración tecnológica de la pasta de ajonjolí: El ajonjolí empleado en esta investigación fue obtenido en los Montes de María (Bolívar, Colombia), las semillas fueron descascaradas, tostadas y molidas, en los laboratorios de procesamiento de alimentos de la Universidad de Cartagena, para la obtención de la pasta (Acevedo *et al.*, 2013).

Formulación y preparación de los tratamientos: Las carnes y tocino fueron molidos (Molino JAVAR M-12). Seguidamente las carnes, la grasa o pasta de ajonjolí y los demás ingredientes con el agua o plasma sanguíneo fueron mezclados (Mezcladora JAVAR MZ-100) hasta obtener una masa homogénea. La pasta fue embutida (embutidora SF 260 RAPID SAUSAGE FILLER) en tripas naturales y procesadas térmicamente. Los chorizos cocidos se enfriaron a temperatura ambiente y empacaron al vacío (empacadora JAVAR DZ400) en bolsas de polietileno de alta densidad (Alico® S.A.), finalmente, fueron almacenados en refrigeración (0-2 °C) hasta su evaluación (Pacheco *et al.*, 2011).

Análisis de proteína y grasa: Los contenidos de materia grasa y proteína se realizaron de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Colombiana 1325 (2008) en los laboratorios de análisis de alimentos en la Universidad de Cartagena.

Aceptabilidad: Para el análisis sensorial de los chorizos se seleccionaron al azar de la Universidad de Cartagena, 50 jóvenes universitarios de ambos sexos, habituados al consumo de Chorizos. El diseño de la evaluación sensorial fue de tipo afectivo; cuyo modelo corresponde a los Grados de Satisfacción o método de la Escala Hedónica, Anzaldúa (1994), utilizando para ello una escala hedónica de cinco puntos (Benítez *et al.*, 2008).

Diseño experimental: Se desarrolló un diseño factorial 2 x 3 con tres repeticiones en un diseño experimental completamente al azar; cada muestra se analizó por triplicado. Las variables independientes fueron la incorporación de plasma sanguíneo de bovino y pasta de ajonjolí. Las variables respuesta fueron la aceptabilidad, el contenido de proteína y grasa del producto. Se definieron los siguientes tratamientos para la elaboración de chorizo: T1 = control. Sin incorporación de plasma sanguíneo (PS) y pasta de ajonjolí (A); T2 = 25% PS -10% A; T3 = 50% PS -20% A. Se utilizó el programa GraphPad Instats versión

3.1 y Minitab 16 Statistical Software para el análisis de los datos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y el análisis de medias, mediante un test de HSD Tukey, se fijó el nivel de significancia a $p \leq 0,05$ (Acevedo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la Tabla 1 indican que el agregado de plasma y pasta de ajonjolí, producen diferencias ($p \leq 0,05$) en el contenido proteico y graso de los productos. Los tratamientos que presentaron un mayor porcentaje de proteína y menor contenido graso fueron T2 y T3. A partir de la tabla 1, se observa que a mayor contenido de plasma sanguíneo y pasta de ajonjolí aumenta el contenido de proteína y disminuye el contenido graso.

Tabla 1. Contenido proteína y grasa (%) de los chorizos analizados

Componente	T1(Control)	T2(25%PS-10%A)	T3 (50%PS-20%A)
Proteínas	16,64±0,51c	19,26±0,60 ^b	24,17±0,99 ^a
Grasas	10,18±0,35a	9,87±0,20 ^a	8,40±0,15 ^b

Las medias de la prueba de aceptabilidad para T1, T2 y T3 fueron $4,02 \pm 0,93$; $3,84 \pm 1,05$ y $3,72 \pm 1,07$, respectivamente. Se observó que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los juicios emitidos por los consumidores para los 5 tipos de chorizos evaluados.

Se fijó como patrón de aceptabilidad una puntuación igual o superior a cuatro (Benítez *et al.*, 2008). El control tuvo un porcentaje de aceptación de 70%, seguido de T2 (25% PS -10%) y T3 (50% PS -20%) que obtuvieron un 64% de aceptación. De lo anterior se puede decir que es posible incorporar plasma sanguíneo de bovino y pasta de ajonjolí en la formulación de chorizos sin que ello tenga un efecto negativo en la aceptabilidad ya que los productos tuvieron un porcentaje de aceptación superior al 50%. Los resultados obtenidos en esta investigación, coinciden con los de Machimba *et al.*, (2007) quienes reportaron que la sustitución de tocino de cerdo por pasta de maní y la incorporación de plasma deshidratado en la elaboración de salchicha tipo Frankfurt, producen diferencias ($p \leq 0,05$); aumentando el contenido proteico y disminuyendo el contenido graso, sin que ello tuviera un efecto negativo en la aceptabilidad de los productos.

CONCLUSIÓN

Los productos con incorporación de pasta de ajonjolí y plasma sanguíneo de bovino presentaron un incremento del contenido proteico y una disminución en el contenido graso,

sin que ello afectara la aceptación del producto por parte de los consumidores. Por lo anterior, se puede decir que es posible reemplazar porcentajes del agua por plasma sanguíneo de bovino y tocino por pasta de ajonjolí en la formulación de chorizos, para aumentar el contenido proteico y reducir el contenido de grasa, sin que ello tenga un efecto negativo en la aceptabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D., Y. Marrugo y P. Montero. 2013. Evaluación de las propiedades reológicas de pastas de ajonjolí artesanal y tecnificada. *Rev. U.D.C.A Act&Div.Cient.*: 16(1), 245-251.
- Anzaldua, M. (1994) La evaluación Sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A Zaragoza – España.
- Benítez, B., K. Ferrer, A. Archile, Y. Barboza, L. Rangel, E. Márquez y M. Delmonte. 2011. Calidad microbiológica de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Revista Facultad de Agronomía- LUZ.* 28(2): 260-272.
- Benítez, B., A. Archile, L. Rangel, K. Ferrer, Y. Barboza, M. Bracho y E. Márquez. 2008. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia.* 33(1): 61-65.
- Isaza, J.; L. Londoño, D. Restrepo, M. Cortes, H. Suárez. 2010. Producción y propiedades funcionales de plasma bovino hidratado en embutido tipo salchichón. *Revista Ciencias Pecuarias.* 23(2): 199-206.
- Jiménez-Colmenero F. 2013. Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Nutrición Hospitalaria.* 28(5):1413-1421.
- Julio, L., P. Montero y D. Acevedo. 2013. Plasma sanguíneo de diferentes especies: una alternativa en la industria alimentaria. *Revista Reciteia.* 13(1): 37-50.
- Julio, L., K. Atencia y P. Montero. 2011. Elaboración de un producto cárnico con incorporación de plasma sanguíneo. *Universidad de Cartagena. Revista ciencias e ingeniería al día.* 1(1): 65-69.
- Manchimba I., R. Jaime, C. Pambaquishpe, X. Diego. 2007. Estudio de la sustitución de tocino de cerdo por pasta de maní *arachishypogaea* y la aplicación del spray dried beef plasma en la elaboración de salchicha tipo frankfurt. Tesis pregrado, Universidad técnica del norte, Ibarra-Ecuador. 92 p.
- NTC 1325.2008. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Colombia), Establece los requisitos y los métodos de ensayo que deben cumplir productos cárnicos procesados no enlatados. Quinta Actualización, Bogotá, Colombia.
- NTC 4129. 1997. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1: evaluadores seleccionados. Bogotá, Colombia.
- Pacheco, W., D. Restrepo y J. Sepúlveda. 2011. Revisión: Uso de Ingredientes no Cárnicos como Reemplazantes de Grasa en Derivados Cárnicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín.* 64(2): 6257-6264.

Impacto Nutricional de un Alimento a Base de Atún y Soya Enriquecido con Vitaminas y Minerales

Nutritional Impact of a Food Based Tuna and with Vitamins and Minerals

Leonides Elena Flores Guillén¹; Brenda Angélica Utrilla Estrada; Laura Concepción Domínguez Cruz Domínguez; Gilber Vela Gutiérrez; Erika Judith López Zúñig

1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y alimentos, Libramiento norte poniente núm.1150, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. E mail elegui_flo@hotmail.com

Resumen. La malnutrición continua siendo un flagelo para la humanidad en Chiapas se caracteriza por deficiencia proteínica energética afectando a la población infantil menor de 5 años con mayor prevalencia, por lo anterior esta investigación tuvo como objetivo determinar el impacto nutricional de un alimento a base de atún y soya enriquecido con vitaminas y minerales en preescolares de cuatro jardines de niños de tres comunidades del municipio de Jiquipilas; Chiapas, México, es un estudio de tipo experimental de grupos testigos, con un alimento a base de atún, soya y vitaminas y minerales durante 6 meses, donde se obtuvo una muestra a conveniencia, entre los 3 y 5 años 11 meses matriculados en jardines de niños, se utilizaron las técnicas, tablas de referencia y clasificaciones de la NOM-031-SSA2-1999, el modelo estadístico se basó en las pruebas de análisis de varianza por una vía y prueba Tuckey Fue evidente la mejora del estado de nutrición desplazándose desde los grados de desnutrición severa hasta el grado de normalidad.

Palabras clave: Desnutrición infantil, desnutrición energética proteica, proteínas, Chiapas, jardines de niños.

Abstract. Malnutrition remains a scourge to humanity in Chiapas. It is characterized by protein energy deficiency affecting the population of children under five years with greater prevalence, for these reasons, the aim of this research was to determine the nutritional impact of a tuna and soy based food enriched with vitamins and minerals in four preschool kindergartens in three communities in the municipality of Jiquipilas, Chiapas, Mexico. It is an experimental study of control groups, with tuna and soy based food enriched with vitamins and minerals for 6 months, where a convenience sample, between 3 and 5 years 11 months enrolled in kindergarten. Techniques, reference tables and classifications of NOM- 031- SSA2- 1999 were obtained; the statistical model was based on ANOVA by Tuckey tests. The nutritional status improvement, moving from severe degrees of malnutrition to the extent of normal, was evident.

Key words: Child Malnutrition, protein energy malnutrition, protein, Chiapas, kindergartens

INTRODUCCIÓN

La desnutrición es el estado patológico inespecífico, sistémico y potencialmente reversible que se genera por el aporte insuficiente de nutrimentos, o por una alteración en su utilización por las células del organismo. Se acompaña de varias manifestaciones clínicas y reviste diversos grados de intensidad (leve, moderada y grave). Además se clasifica en aguda y crónica, una de las alternativas para resolver este problema son los alimentos enriquecidos que se definen como la adición de una o varias vitaminas, minerales o proteínas (aminoácidos) en concentraciones superiores a los que normalmente contiene el producto. Según datos de la Encuesta nacional de salud y nutrición 2012 la deficiencia de hierro y vitamina en niños menores de 5 años sigue siendo un problema de salud pública, debido a la contribución en los procesos de regulación metabólica.

Existen alimentos ricos en proteínas naturalmente tanto de origen animal como vegetal que coadyuvan a mejorar los perfiles de biodisponibilidad favoreciendo el mantenimiento y mejoría del estado de nutrición, dichas características han sido consideradas por diferentes empresas de productos alimentarios aplicados a la solución del problema de la desnutrición infantil. El instituto de Desarrollo Integral de la Familia en México (DIF), opera programas de ayuda alimentaria en poblaciones vulnerables y ha utilizado un producto diseñado a base de atún y soya, sin embargo se desconoce los efectos en la recuperación del estado de nutrición en menores de 5 años, por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el impacto nutricional de un alimento a base de atún y soya enriquecido con vitaminas y minerales en preescolares de cuatro jardines de niños de tres comunidades del municipio de Jiquipilas; Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio es de tipo experimental de campo y de intervención, se desarrolló en jardines de niños y se evaluó el estado nutricional a través del método antropométrico, cuantificando

el peso y la talla; se proporcionó ayuda alimentaria y orientación nutricional a los niños con desnutrición.

Se estudiaron niños de 3 a 5 años 11 meses de edad, previa aceptación de consentimiento informado mediante un documento aprobado por el comité de bioética (FWA00017088), de la Facultad de Ciencias de la nutrición y alimentos dependiente de la UNICACH, dicho documento fue leído y explicado a padres y niños participantes.

El muestreo fue por conveniencia ya que se seleccionaron a los niños que padecían desnutrición, según el indicador de peso para la talla, y las tablas de referencia de la OMS.

Criterios de inclusión: Niños en edad preescolar, inscritos en cualquiera de los cuatro jardines de niños participantes, sin intolerancia a productos marinos y soya, que contaron con la autorización del padre de familia o tutor (consentimiento informado firmado).

Los instrumentos utilizados fueron cinta métrica de plástico marca Sanfer y báscula de campo marca seca modelo 762 vogel&halkegermany, rango de medición 150 kg, para las mediciones se utilizaron según la NOM-031-SSA2-1999.

El producto fue elaborado a base de atún (aleta amarilla), soya y enriquecido con vitaminas (ácido fólico, vitaminas A, B6, B12, C, D y E) y minerales (hierro y zinc); una porción de 60 g del alimento contienen, 10 g de proteínas, 5 g de lípidos totales, 0,94 g de carbohidratos y 232 mg de sodio, y aportan 370 kJ (89 kcal).

Los resultados fueron comparados y analizados mediante el análisis de varianza de una vía ($p < 0,05$) y una prueba de Tuckey, utilizando el programa estadístico de MINITAB® para Windows versión 12.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se presentan los resultados de los tres diagnósticos nutricionales efectuados según el indicador peso para la talla, previo (1er Dx), a la mitad (2do Dx) y al final (3er Dx) del periodo de alimentación. Se puede observar comparativamente de acuerdo al indicador peso para la talla (peso/talla), el 55% de los niños presentaban un estado nutricional normal, el 35% desnutrición leve (DL), el 3% desnutrición moderada (DM), el 2% desnutrición severa (DS), y el 9% sobrepeso (SP) (de acuerdo a las tablas del Centro Nacional de Estadísticas de Salud (NCHS) de Estados Unidos de Norte América); lo que indica deficiencia de nutrientes en los preescolares, consecuentemente bajo de acuerdo a la talla.

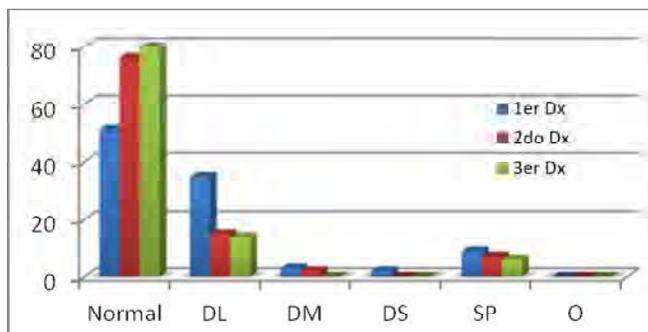


Figura 1. Resultados de los diagnósticos nutricionales de acuerdo al indicador P/T

En el mismo sentido, se observa un aumento del 29% de los niños con estado nutricional normal; los niños que presentaban desnutrición leve disminuyeron en un 21%, así mismo se observó una disminución del 3% en niños con DM y 2% en DS, resultados estadísticamente significativos (ANOVA, $p < 0,05$). Estos resultados evidencian un mejoramiento progresivo en la recuperación del estado nutricional de los preescolares a los que se les otorgó el alimento por un periodo de seis meses. La recuperación del estado nutricional se manifestó por incremento del peso, efecto debido a la ingesta de proteínas y vitaminas provenientes principalmente del atún y soya, componentes principales del alimento. Resultados similares fueron presentados por Vela *et al.*, (2009) y Vela-Gutierrez *et al.*, (2012), al evaluar el impacto nutricional de una papilla elaborada a base de frutas tropicales, y una galleta de harina de trigo y soya, ambos alimentos adicionados con suero de leche en un grupo de niños en edad preescolar en dos comunidades de alta marginación del estado de Chiapas, México; respectivamente. Los niños son los primeros afectados cuando existe déficit en el acceso y disponibilidad de alimentos, debido a la susceptibilidad a los problemas de salud y nutrición, más aún que los problemas de desnutrición son más frecuentes en zonas marginadas, tal es el caso de las comunidades Michoacán, Julián Grajales y Tierra y Libertad del municipio de Jiquipilas Chiapas, México.

CONCLUSIÓN

La asociación de proteína animal y vegetal del producto y su enriquecimiento con vitaminas y minerales mejoraron el estado nutricional de los preescolares.

AGRADECIMIENTOS:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero otorgado para este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Badui, D. 2006. Química de los alimentos. 4ª. Ed. México, D.F: Pearson Educación, 213 p.
- Casanueva E., *et al.* 2008. Nutriología Médica. 3ª Ed. México, D.F: Panamericana, 2006. 576pp
- Latham, M. 2002 Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. [en línea]. Rhttp://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm#Contents 32p; consulta: Diciembre 2011
- Secretaría de salud NOM-031-SSA2-1999: Para la atención a la salud del niño.
- Secretaría de salud. NORMA Oficial Mexicana NOM-169-SSA1-1998, Para la asistencia social alimentaria a grupos de riesgo.
- Vela, G.G., G.F.M. Vargas, P.E. Cortés, D.A. López, G.L.E. Flores y Z.E.J López. 2009. Impacto nutricional y sensorial de un alimento infantil (papilla) adicionado con lactosuero. Revista Avances en Seguridad Alimentaria y Nutricional. 1(1): 31-36
- Vela-Gutiérrez G., *et al.* 2012. Bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almendra sensorialmente aceptable por adultos mayores. Revista revisiones de la ciencia, tecnología e ingeniería de los alimentos, 11 (2): 8-20

Quantificación Rápida de Zinc en Arroz por Fluorescencia de Rayos X *Fast Quantification of Zinc from Rice by X-ray Fluorescence*

Moralba Dominguez¹; Jaime Borrero²; Cecile Grenier³; Joe Tohme⁴

1 Asistente de Investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali-Colombia. m.dominguez@cgiar.org

2 Asociado de Investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali-Colombia. j.borrero@cgiar.org

3 Científica, Asociado de Investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali-Colombia. c.grenier@cgiar.org

4 Director Agrobiodiversidad, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali-Colombia. j.tohme@cgiar.org

Resumen. La deficiencia de Zn es un problema de salud a nivel mundial, por tanto se han generado diferentes estrategias para su mitigación y prevención. Entre estas se encuentra la biofortificación del cultivo de arroz, cuyo proceso requiere inicialmente la cuantificación de Zn en muchos genotipos con el objetivo de identificar nuevas variedades biofortificadas o líneas parentales para alimentar un programa de mejoramiento. En este estudio, un método para cuantificar Zn por energía dispersiva de fluorescencia de rayos X (ED-XRF), de manera rápida, económico y confiable fue desarrollado. La calibración y validación de la curva se realizó con granos de arroz trillados previamente cuantificados por plasma acoplado inducido con espectrofotometría de emisión óptica (ICP-OES). La curva de calibración mostró un coeficiente de correlación de 0,94, en el rango de 11-27 mg/kg, y la validación mostró una correlación de 0,93 con un error estándar de predicción de 0,88 mg/kg con respecto a las concentraciones obtenidas por ICP-OES. El desarrollo de esta metodología permitió la cuantificación rápida y confiable de 1900 genotipos de arroz, acelerando el proceso de mejoramiento para la biofortificación del arroz.

Palabras clave: Biofortificación, zinc, ED-XRF, arroz

Abstract. Zinc deficiency is a worldwide health problem and different strategies have been generated to mitigate and prevent it. Among these strategies is the rice biofortification, which requires quantifying large number of genotypes in order to identify new biofortified varieties or parental lines to

feed into a breeding program. In this study, a quick, cheap and reliable method to quantify zinc by energy dispersive of X-ray fluorescence (ED-XRF) was developed. Both, calibration and validation curve were achieved with rice grain, previously quantified by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The calibration curve showed a correlation of 0.94 in the range of 11-27 mg/kg and the validation showed a correlation of 0.93 with a standard error of prediction of 0.88 mg/kg with reference to the concentration obtained from ICP-OES. The development of this methodology allowed the quick and reliable quantification of 1900 rice genotypes thus accelerating the improvement process for rice biofortification.

Key words: Biofortificación, zinc, ED-XRF, rice.

INTRODUCCIÓN

El zinc es un mineral esencial para el ser humano porque forma parte de cientos de metal o proteínas y está asociado con la expresión de genes, señal de traducción, y apoptosis (McDonalds, 2000). A nivel subcelular participa en muchas funciones metabólicas, por tanto su deficiencia genera vulnerabilidad en el crecimiento rápido del embrión, feto y niños, al mismo tiempo afecta el sistema epidermal, inmune, gastrointestinal, nervioso central, esquelético y reproductivo (Hambidge *et al.*, 2007). Se ha demostrado una disminución de estas incidencias y de otras enfermedades infecciosas con

suplementación de Zn (Caulfield *et al.*, 2004).

Actualmente, existen diferentes estrategias para disminuir la deficiencia de zinc como la suplementación, la fortificación de comidas locales, modificación dietaria y la biofortificación. Esta última consiste en el aumento de la concentración de micronutrientes esenciales en cultivos de mayor consumo en la sociedad (Hotz, 2009). Este estudio hace parte del programa de Harvest Plus con el objetivo de encontrar variedades de arroz con alto contenido de Zn y, posteriormente, desarrollar un programa de mejoramiento para desarrollar líneas de arroz con buenas características agronómicas y altos niveles nutricionales.

Las técnicas más usadas para cuantificar Zn son ICP-OES y Absorción Atómica (AA). Sin embargo, estos análisis resultan costosos cuando se tiene un gran número de muestras, debido a que se necesita personal calificado, requiere de reactivos peligrosos y consume mucho tiempo durante el análisis. El equipo ED-XRF permite la cuantificación de minerales a nivel de trazas. El método consiste en irradiar las muestras con rayos X y esta emite radiación de fluorescencia, la cual se utiliza para determinar la composición elemental de la muestra (Paltridge *et al.*, 2012; Perring *et al.*, 2003). Posee la ventaja de no destruir la muestra, no requiere el uso de reactivos, ni de personal altamente calificado para su evaluación, permitiendo cuantificar una gran cantidad de muestras rápidamente a un bajo costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ochenta y dos muestras de arroz pulido provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) fueron analizadas por ICP-OES para determinar su contenido de Zn en Waite Analytical Services (Australia). Cuarenta y cinco de las 82 muestras comprendidas en el rango de 11-27 mg/kg fueron utilizadas para construir la curva de calibración utilizando un Oxford Instruments X-

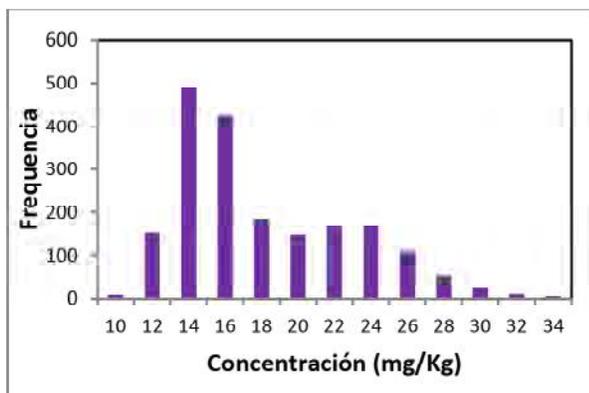


Figura 2. Histograma de muestras evaluadas de arroz.

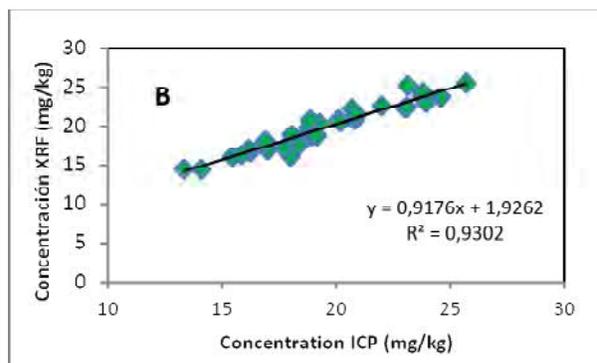
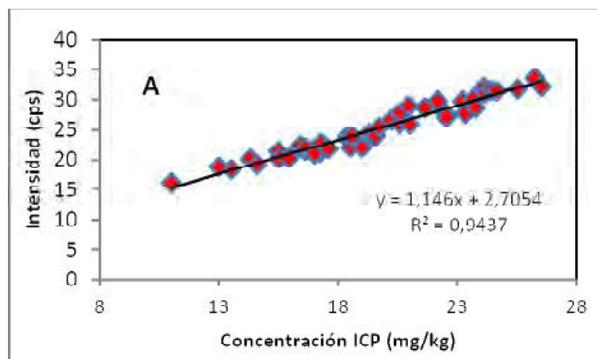


Figura 1. **A.** Curva de calibración de ED-XRF. **B.** Validación de la curva de calibración.

Supreme 8000 EDXRF, las condiciones para la cuantificación están basadas en la metodología de Patridge *et al.*, (2012). La lectura en el instrumento fue realizada usando 5g de muestra y las capsulas fueron ensambladas usando una película de 4µm Poly-4 (Oxford). La validación de la curva fue llevada a cabo con 37 muestras para determinar el error estándar de predicción (SEP) y el intervalo de confianza (IC) al 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La curva de calibración representada por la señal del equipo EDXRF vs. la concentración de Zn determinada por ICP-OES mostraron una fuerte correlación con un R^2 de 0,94 (Figura 1). De acuerdo a la validación, las muestras no son significativamente diferentes del valor de referencia, mostrando una correlación de 0,93 y un SEP de 0,88 mg/kg. Estadísticamente el intervalo de confianza de una muestra medida a través de esta curva estará en $\pm 1,72$ mg/kg con respecto a su valor por ICP-OES.

Mil novecientas muestras de arroz provenientes de diferentes regiones geográficas, cultivadas bajo condiciones de riego y de secano fueron evaluadas en un mes bajo horario normal de trabajo. El 10 % de las muestras presentaron valores por encima de 20 ppm (Figura 2), y 80 muestras fueron seleccionadas para nuevos ensayos

en varios ambientes con el objetivo de evaluar las interacciones genotipo por ambiente.

La evaluación de este mismo número de muestras por AA podría demorarse varios meses y por un costo aproximado de seis veces mayor. Así, la implementación de este método permite la cuantificación rápida, eficiente y económica de un gran número de muestras.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del método de cuantificación del contenido de Zn por ED-XRF, permite la cuantificación rápida, confiable y económica de un gran número de muestras, lo cual es de gran utilidad para evaluaciones en múltiple ambientes y permite identificar y desarrollar nuevas variedades con gran valor agronómico y alto contenido de Zn. Así mismo, el método ED-XRF posee la ventaja de acelerar el proceso de investigación y avanzar rápidamente hacia las metas propuestas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al programa de HarvestPlus Latin America y Caribe por el financiamiento y a Nicholas Patridge y Georgia Guild por el soporte técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- Caulfield, L.E., S.A. Richard and R.E. Black. 2004. Undernutrition as an underlying cause of malaria morbidity and mortality in children less than five years old. *Am J Trop Med Hyg* 71(2):55-63
- Hambidge, M and N. Krebs. 2007. Zinc deficiency a special challenge. *Journal of Nutrition*,; 137(4): 1101-1105.
- Hotz, C. 2009. The potential to improve zinc status through biofortification of staple food crops with zinc. *Food y Nutrition Bulletin* 30: 172S-178S (7).
- MacDonald, R.S. 2000. The role of zinc in growth and cell proliferation. *Journal Nutrition* 130(5):1500S-8S.
- Paltridge, N.G., J.P. Palmer, G.E. Guild and J.C. Stangoulis. 2012. Energy-dispersive X-ray fluorescence analysis of zinc and iron concentration in rice and pearl millet grain. *Plant Soil* 361:251-260.
- Perring, L. and D. Andrey. 2003. ED-XRF as a tool for rapid minerals control in milk based products. *J. Agric Food Chem*; 51(15):4207-4212.

Obtención de Ácidos Grasos Esenciales de Semillas de Chia (*Salvia hispánica, L.*) Cultivadas en Bolivia

*Obtaining Essential Fatty Acids Chia Seed (*Salvia hispánica, L.*) Grown in Bolivia*

Jenny Espinoza Alcócer¹; Ana María Rojas Zambrana²; Maribel García Soto³;
Rosse Mary Terán Pacheco⁴; Walter de Groot P⁵; Nora Medrano Mercado⁶

1 Ingeniera de Alimentos, M.Sc. Ciencias de Alimentos y Nutrición Humana. Docente-Investigadora. Dpto de Química, Centro de Tecnología Agroindustrial. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Mayor de San Simón. jennyespinozaa@hotmail.com

2 Licenciada en Economía. Investigadora. Centro de Tecnología Agroindustrial. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Mayor de San Simón. arojas@fcyt.ums.edu.bo

3 Ingeniera de Alimentos. Profesional independiente. Cochabamba. Universidad Mayor de San Simón. rossemary24@gmail.com

5 PhD en Ciencias. Docente- Investigador. Dpto. de Química. Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Mayor de San Simón. Final Sucre frente Parque La Torre. Cochabamba. Bolivia.

6 PhDen Ciencias. Docente-Investigadora. Dpto. de Biología. Responsable Laboratorio de Chagas e Inmuno parasitología. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Mayor de San Simón medrano.nora@gmail.com

Resumen. Se determinó la composición de los ácidos grasos del aceite obtenido a partir de las semillas de chia (*Salvia hispánica L.*) cultivadas en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Del aceite de chia obtenido por el método de prensado en frío, se obtuvo el perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases. La composición y el contenido de ácidos grasos coincidieron con lo descrito en

el Codex Alimentario (1999) para esta especie, reportando altos contenidos de ácidos grasos omega 3 y 6 (de 60 y 20% respectivamente). Los parámetros de calidad del aceite obtenido y el perfil de los ácidos grasos esenciales a partir del extracto lipídico de semillas de chia cultivadas en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia fue similar a los obtenidos en otras partes del mundo. Por ser una excelente

fuerza vegetal de ácidos grasos esenciales omega 3, pudiendo ser utilizado como potencial fuente de ingrediente funcional en la industria de alimentos.

Palabras clave: Chia, aceite, omega 3, ingrediente funcional.

Abstract. Fatty acid composition of the oil obtained from the seeds of chia (*Salvia hispánica L.*) grown in the Department of Santa Cruz, Bolivia, was determined. Chia oil was obtained by cold pressing method, while the fatty acid profile was obtained by gas chromatography. The composition and content of fatty acids coincided with what is described in the Codex Alimentarius (1999) for this species, reporting high levels of omega 3 and 6 (60 and 20% respectively). The quality parameters of oil obtained and the profile of essential fatty acids from chia seeds lipid extract grown in the Department of Santa Cruz, Bolivia, was similar to those obtained in other parts of the world. Being an excellent vegetarian source of essential fatty acids omega 3, can be used as a potential functional ingredient in the food industry.

Key words: Chia, oil, omega 3, functional ingredient.

INTRODUCCIÓN

La chia (*Salvia hispánica L.*) es una planta herbácea, anual, perteneciente a la familia de las labiadas (Lamiaceae) y originaria de las áreas montañosas de México. Es un cultivo nuevo en Bolivia, con alto rendimiento de cosecha, ha cobrado fuerza en los últimos años, por los buenos precios internacionales del grano, que fluctúan entre los 4000 dólares la tonelada, que se está exportando a Alemania, Australia, España, Chile y Estados Unidos; convirtiéndose en un producto rentable para los agricultores de Santa Cruz en Bolivia. Estas semillas son la fuente vegetal con más alto contenido en omega 3 o ácido α -linolénico 58, 7%; y omega 6 o ácido linoléico entre 17 a 26%. Estudios recientes (Bushway *et al.*, 1981; Belya, 1981) han determinado que las semillas de chia contienen un 32% de aceite y éste ofrece el contenido natural más elevado de omega 3, le siguen el cártamo y el girasol (AOAC, 1984). Además, tiene otros componentes muy valiosos para la nutrición humana, como son los antioxidantes, la fibra, las proteínas, las vitaminas B1, B2, B3, y los minerales tales como fósforo, calcio, potasio, magnesio, hierro, zinc y cobre (Ayerza *et al.*, 2002).

En el presente estudio se determinó los índices de calidad del aceite extraído, el perfil de los ácidos grasos esenciales a partir del extracto lipídico de chia, y se comparó con los valores estándar de Normas Internacionales (CODEX, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de chia, procedentes de la ciudad de Santa Cruz, se clasificó de acuerdo a sus características fenotípicas en 2 grupos. Grupo 1, semillas pequeñas, negras y blancas, opacas y el grupo 2 semillas mayor tamaño, negras y brillantes. Luego las etapas de: *Limpieza*, en forma manual. *Secado*, realizado en un horno rotatorio. *Molturación*, se realizó en un molino de discos. *Extracción* se utilizó extrusión mecánica. *Filtración y Centrifugación*. Para la caracterización del aceite se realizaron los siguientes análisis: Densidad relativa (método Norma Boliviana NB 042-73), índice de refracción (método NB 165), índice de saponificación (método NB 200-

Tabla 1. Características de identidad y calidad del aceite de chia.

Parámetro	Valor del aceite de chia	Norma Codex
Densidad relativa a 20°C	0,9318	0,915 – 0,933
Índice de refracción a 20°C	1,4829	-
Materia insaponificable (%)	0,2100	Menor a 1,5%
Índice de saponificación (mg KOH/g)	184,6200	186 – 197
Índice de yodo (gl2/100g)	209,4500	208-215
Índice de peróxido (meq O2/Kg)	3,3200	Menor a 10
Índice de acidez (% ácido oleico)	0,2900	Menor a 1,4 mg de KOH/g

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del aceite.

Ácidos grasos	Valores del aceite de chia	Norma Codex Codex
Ácido mirístico C14:0(%)	0,02 ± 0,00	Menor a 0,5
Ácido palmítico C16:0(%)	7,11 ± 0,17	4,0 – 8,0
Ácido palmitoleico C16:1 cis 9(%)	0,05 ± 0,00	Menor a 1
Ácido esteárico C18:0(%)	3,26 ± 0,09	2,0 – 6,0
Ácido oleico C18:1 cis 9(%)	7,06 ± 0,30	6,0 – 12,0
Ácido linoleico C18:2 cis 9 12(%)	19,16 ± 0,16	17,0 – 23,0
Ácido araquídico C20:0(%)	0,18 ± 0,03	1,0 – 3,0
Ácido eicosenoico C20:1 cis 11(%)	0,05 ± 0,04	-
Ácido linolénico C18:3 cis 9 12 15(%)	60,14 ± 1,49	60,0 – 63,8

77), índice de yodo (método 28.021-022.140, AOAC 14 Ed 1.984)materia insaponificable (método NB 202-77), índice de peróxido del aceite se realizó tomando en cuenta NB-203-77. La composición de ácidos grasos se determinó por cromatografía gas líquido (GLC), usando un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 serie II, analizándolos como ésteres metílicos derivatizados (AENOR, 1991). El índice de acidez (Official Met. Rec. Prac. Of The American Oil Chemist Society) e índice de peróxidos (método NB 203-77). *Análisis estadístico*. Los datos analizados en triplicado, obtenidos en el análisis cromatograficos de los 3 lotes de aceite se analizaron con análisis de varianza (ANOVA) y prueba de rango múltiple de Duncan con un nivel de significancia de un 95%. Se utilizó el Programa SPSS 15.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1, muestra los parámetros de identidad y calidad del aceite, los que han sido comparados con Norma Codex Alimentario Stan 210-1999 (aceite de chia). Como se puede observar en la tabla 2 el perfil de ácidos grasos de aceite de chíá, constituye el 32-39% del total, donde el 60% de éstos es omega 3, precursor de los ácidos grasos DHA (ácido decosahexanoico) y EPA (ácido eicosapentanoico) y el 20% es omega-6, dando una relación $\omega 6: \omega 3$ de 0,31. Se puede

observar en esta tabla que todos ácidos grasos analizados están dentro de la Norma Codex Alimentario Stan 210-1999 (CODEX, 2013).

CONCLUSIONES

Las semillas cultivadas de chia en Bolivia, es de muy buena calidad y estabilidad al almacenamiento, con parámetros de calidad y el perfil lipídico similar a la chia que se comercializa mundialmente.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. Asociación Española de Normalización. Norma UNE 55037-73, Catálogo de Normas UNE, Madrid. 1991.
AOAC Official Methods of Analysis of the Author: Williams, S. Edition: 14 Pub.1984.
Ayerza, R., W. Coates and M. Lauria. 2002. Chia seed (Salvia hispánica L.) 81(6):826-837.
Bushway, A.A., PR. Belya and R.J. Bushway. 1981. Chia seed as a Source of Oil, Polysaccharide, and Protein. Journal of Food Science 46(5):1349-1356.
Norma del Codex para aceites vegetales especificados CODEX STAN 210-1999; Consulta agosto 2013
Normas Tecnicas Bolivianas (NB). Catálogo de normas. www.ibnorca.org; Consulta noviembre 2013

Evaluación de la Producción de Galactooligosacáridos a partir del Lactosuero por Vía Enzimática

Galactooligosaccharides Production Assessment from Cheese Whey by Via Enzymatic

Dina Bohórquez Navarro¹; Jairo Salcedo Mendoza²; Euriel Millán Romero³ y Jorge Pérez Vides⁴.

1 M.Sc. Biología. Joven Investigadora Colciencias, Universidad de Sucre, dinabohorquez@yahoo.es

2 PhD ingeniería química, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, universidad de Sucre, jairo.salcedo@unisucre.edu.co

3 MSc Solos e Nutrição de Plantas, Profesor Titular, Faculta de Ingeniería, Universidad de Sucre euriel.millan@unisucre.edu.co

4 Ingeniero Agroindustrial, Integrante Grupo PADES, Universidad de Sucre , japevi-66@hotmail.com

Resumen. En este trabajo se evaluó la producción de galactooligosacáridos (GOS) a partir de la lactosa del lactosuero procedente de la elaboración de queso costeño, usando la enzima β - galactosidasa comercial. El efecto de la temperatura de reacción y concentración de relación enzima- sustrato (E/S) sobre producción de GOS. Las mejores condiciones de operación con la enzima comercial β - galactosidasa, se encontraron en la región comprendida entre las temperaturas de 43°C- 44°C y relaciones (E/S) de 0,0079 y 0,0119 mL de enzima / g de sustrato.

Palabras clave: lactosa, enzima –sustrato, galactosidasa, GOS, queso costeño.

Abstract. In this research the production of galactooligosaccharides (GOS) from costeño cheese whey, using a commercial enzyme β - galactosidase, was assessment; as well, the effect of the reaction temperature and enzyme-substrate ratio (E / S) in the GOS production. The best operating conditions with commercial enzyme β - galactoside, were found in the defined region between temperatures of 43°C - 44 °C and ratios (E/S) of 0.0079 and 0.0119 mL enzyme / g of substrate.

Key words: *lactose, enzyme–substrate, galactosidase, GOS, costeño cheese.*

INTRODUCCIÓN

El lactosuero resulta de la coagulación de la caseína en la elaboración de queso. En él se retiene aproximadamente el 55% de los nutrientes de la leche (Restrepo, 2006), se le atribuyen múltiples propiedades funcionales para ser utilizado en procesos enzimáticos (Koutinas, 2009; Matsuzaki, T. 1998; Wang Y, 2009). El Departamento de Sucre produce 52.905 L/día (Gobernación de Sucre, 2010), destinados a la alimentación animal y el resto es vertido a los efluentes y el suelo, provocando un severo daño medio ambiental (Parra, R, 2008).

La lactosa puede ser usada en la síntesis de GOS, compuestos de características prebióticas importantes, los cuales actualmente son producidos a partir de lactosa pura a altas concentraciones (Illanes, A, 2012). La finalidad de este trabajo de investigación fue evaluar la producción de GOS, a partir de la lactosa del lactosuero obtenido de empresas productoras de queso de la región, utilizando una enzima β -galactosidasa comercial, que permita generar un valor agregado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización fisicoquímica del lactosuero. Se caracterizaron dos tipos de lactosuero. Un lactosuero entero recién salido del proceso de producción del queso costeño y lactosuero sometido al proceso de pasteurización a una temperatura de 60°C durante 30 min. La densidad se determinó por el método gravimétrico y el método del picnómetro, la acidez con el método adaptado (Jaramillo *et al.*, 1994), la grasa por el método de Gerber, el pH se determinó con un pH - metro de marca Metrohm de análisis iónico, los sólidos totales se usó una balanza de humedad marca Mb 200x Citizen, la lactosa se determinó por el método del DNS descrito por MILLER, 1959 y la proteína con el método Kjeldahl, descrito por Kjeldahl, 1883.

Caracterización microbiológica del lactosuero. El lactosuero pasteurizado se caracterizó microbiológicamente por pruebas de Recuentos de Aerobios Mesófilos, coliformes totales y fecales y de Mohos y levaduras (Gaviria, 1980).

Determinación de la actividad enzimática en solución. Se usó la enzima comercial de tipo β -galactosidasa (Lactozym Pure 6500L), la actividad enzimática se determinó por el método propuesto por Guerrero, C. 2010.

Evaluación de la producción de GOS. Se realizó en un

reactor por lotes, en el cual se depositó 800 ml de lactosuero previamente estabilizado a pH (6,2 - 6,4) con una solución Na_2HPO_4 durante un tiempo de reacción de 5 horas, la glucosa libre se realizó por el método GOD-PAD y azúcares reductores (AZ). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, variando la temperatura de reacción (40, 45 y 50 °C) y relación enzima – sustrato (0,0103, 0,0154 y 0,00592 mL/g) en tres niveles. La estimación de la presencia de GOS se realizó por medio de un balance de materia entre AZ y glucosa. El análisis de la matriz de resultados del diseño experimental se realizó por medio del programa estadístico R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica y microbiológica del lactosuero. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del lactosuero entero y pasteurizado.

Tabla 1. Caracterización de lactosuero entero y pasteurizado.

Característica	Lactosuero entero	Lactosuero pasteurizado
Densidad (g/mL)	1,048 \pm 0,002	1,049 \pm 0,0005
Acidez (°D)	34,6 \pm 1,15	25,73 \pm 0,25
pH	5,39 \pm 0,011	5,370 \pm 0,04
Lactosa (g/L)	54,17 \pm 1,92	56,60 \pm 0,2
Sólidos totales (%)	5 \pm 0,140	4,140 \pm 0,29
Proteína (%)	8,896 \pm 0,005	8,079 \pm 0,08
Grasa (%)	0,4 00 \pm 0,002	0,300 \pm 0,005

Los resultados obtenidos coinciden con Rodríguez, A. (2012), en su estudio de elaboración de una bebida fermentada a partir de lactosuero. Además, se observa una disminución en la acidez del lactosuero pasteurizado (25,73 \pm 0,25 °D) con respecto a la acidez del lactosuero entero (34,6 \pm 1,15°D). En las pruebas microbiológicas no se evidenció Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g).

Evaluación de la Producción de GOS. La actividad enzimática obtenida fue de 940,221 \pm 1,3 LAU/mL, equivalente a 6245 LAU/g.

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza para la producción de GOS, se puede observar que la temperatura y la interacción de ella con la relación enzima – sustrato ejercen efecto significativo en la producción de GOS.

Tabla 2. Análisis de varianza para la producción de GOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:temperatura	847,622	847,622	10,65	0,0041
B:relacion E_S	192,276	192,276	2,42	0,1367
AA	285,200	285,200	3,58	0,0737
AB	1278,44	1278,440	16,06	0,0008
BB	208,821	208,821	2,62	0,1218
Bloques	10,8742	5,43708	0,07	0,9342
Error total	1512,550	79,608		
Total (corr.)	4335,790			

La Figura 1 muestra los valores medios de temperaturas, relación enzima – sustrato donde se da la mayor tendencia de formación de GOS; como se evidencia en las áreas contorneadas correspondiente al rango de temperatura entre 43 y 44 o C y relación E/S entre 0,0079 y 0,0119 mL de enzima / g de sustrato, que traduce las mejores condiciones de operación para la formación de GOS.

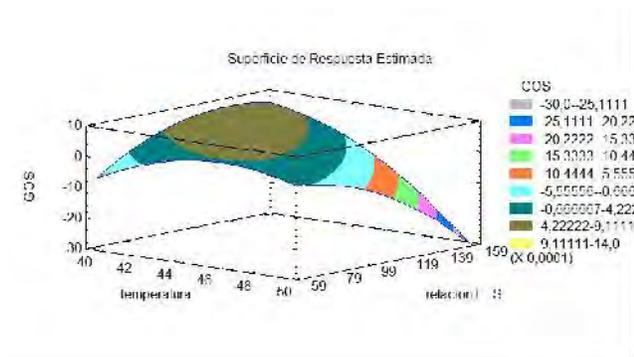


Figura 1. Diagrama de superficie de respuesta para la formación de GOS.

CONCLUSIONES

La pasterización a 60°C y 30 minutos del lactosuero disminuye la acidez y no se evidencia presencia de microorganismos creando las condiciones adecuadas para el desarrollo de la acción enzimática de la β-galactosidasa.

La temperatura y la interacción temperatura con la relación enzima – sustrato ejercen efecto significativo en la producción de GOS.

Las mejor condición de formación de GOS se da entre los rangos de temperatura de 43 °C - 44°C y relaciones (E/S) de 0,0079 y 0,0119 mL de enzima / g de sustrato.

La enzima Lactozym Pure 6500L, si puede ser utilizada en la producción de GOS a partir de lactosuero obtenido de la elaboración industrial de queso costeño.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaviria, B. Manual de procedimientos microbiológicos en leche y derivados lácteos. Merck. Colombia. 1980.
- Gobernación de Sucre. 2010. Informe de Coyuntura. Evaluaciones agropecuarias. Secretaria de desarrollo económico y medio ambiente. Sincelejo.
- GOP. 1998. Método de la glucosa oxidasa-peroxidasa para la determinación de la glucosa.
- Guerrero, C y C. Vera, 2010. Síntesis de Galactooligosacáridos con B-galactosidasa de *Aspergillus oryzae*. Departamento de Biocatálisis, Escuela de Ingeniería Bioquímica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Illanes, S., C. Vera, C. Guerrero, y R. Conejeros, 2012. Synthesis of galacto-oligosaccharides by -galactosidase from *Aspergillus oryzae* using partially dissolved and supersaturated solution of lactose. *Enzyme and Microbial Tehcnology* 50: 188-194.
- Jaramillo de A., M *et al.*, 1.999. Los Quesos. Universidad de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín.
- Kjeldahl, J. 1883. Método de Kjeldahl, para la determinación del contenido de proteínas.
- Koutinas, A., H. Papapostolou, D. Dimitrellou, N. Kopsahelis, E. katechaki, A. Bekatorou, y L. Bosnea. 2009. Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. *Bioresource Technology* 100(15):3734-3739.
- Matsuzaki, T. 1998. Immunomodulation by treatment with *Lactobacillus casei* strain Shirota. *Int. J. Food Microbiol.* 41: 133-140.
- Ki, T. 1998. Immunomodulation by treatment with *Lactobacillus casei* strain Shirota. *Int. J. Food Microbiol.* 41: 133-140.
- Miller, 1959. Método del ácido Dinitrosalicílico (DNS) para la determinación De Azucares Reductores.
- Parra, R. 2008. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos [en línea] www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf > [consultado: 03/05/2012].
- Restrepo, M., 2006. Producción más Limpia en la Industria Alimentaria, Revista Producción + Limpia - Enero - Junio - Vol. 1 No.
- Rodríguez, A., 2012, Estudio de la elaboración de una bebida fermentada a partir de lactosuero, estudio realizado en Sucre.
- Wang Y. Prebiotics: present and future in food science and technology. 2009. *Food Res Int* 42:8-12.

Evaluación de las Condiciones de Extracción en el Contenido de Capsaicinoides de Chile Habanero

Extraction Conditions Evaluation of Capsaicinoids Content From Habanero Pepper

Neith A. Pacheco López¹, Teresa Ayora Talavera, Manuel Ramirez Sucre e Ingrid Rodríguez- Buenfil

1 Dra. en Biotecnología. Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco (CIATEJ) Unidad sureste. Mérida, Yucatán. Email: npacheco@ciatej.mx

2 Dra. en Biotecnología. CIATEJ Unidad sureste. Email: tayora@ciatej.mx

3 Dr. en Alimentos. CIATEJ Unidad sureste. Email: oramirez@ciatej.mx

4 Dra. en Procesos Biotecnológicos. Directora del CIATEJ Unidad sureste. Email: irodriguez@ciatej.mx

Resumen. Los capsaicinoides son compuestos fitoquímicos presentes en los frutos de chile del género **Capsicum** que además de sus propiedades sensoriales, presentan diversas propiedades funcionales tales como: capacidad antioxidante, anti-inflamatoria, antitumoral antimicrobiana entre otras. Adicionalmente la capsaicina natural con un alto nivel de pureza es de gran importancia económica y apreciada en la industria farmacéutica, alimentaria e industria química. El objetivo de este trabajo fue evaluar el tipo de solvente, color y humedad sobre el contenido de capsaicinoides de muestras de pasta de chile habanero **Capsicum chinense** de la península de Yucatán, así como características fisicoquímicas generales de las muestras. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos obtenidos son muy similares para los dos estados de madurez probados, excepto por el índice de color. El tipo de solvente utilizado en la extracción no presentó diferencias significativas en cuanto al contenido de capsaicinoides totales, sin embargo el color de la muestra y la presencia de agua en la misma mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) sobre la cantidad de capsaicinoides extraídos, siendo superior en las pastas naranjas 1520 $\mu\text{g/g}$ BS y muestras secadas en estufa 1575,5 $\mu\text{g/g}$ BS.

Palabras clave: *Capsicum chinense*, extracción con solventes, estado de madurez.

Abstract. Capsaicinoids are phytochemicals compounds founded in the chili fruit of the genus **Capsicum**, in addition to its sensory properties, functional properties such as anti-inflammatory, antitumoral, antimicrobial, antioxidant capacity, among others are also related to capsaicinoids. Additionally natural capsaicin with a high level of purity is of great economic importance and appreciated in the pharmaceutical, food and chemical industry. The aim of this work was to evaluate solvent, colour and humidity on the capsaicinoids content in samples of habanero pepper paste from Yucatan Peninsula, as well as general physicochemical characteristics of the samples. The results indicated that the physicochemical parameters obtained from the two maturity levels tested are very similar,

except for the color index. The type of solvent used in the extraction did not present significant differences in the total content of capsaicinoids, however the colour of the sample and the presence of water showed significant differences ($P < 0.05$) on the amount of capsaicinoids extracted, with the highest values obtained with orange paste (1520 $\mu\text{g} / \text{g}$ DB) and oven-dried samples (1575.5 $\mu\text{g} / \text{g}$ DB).

Key words: *Capsicum chinense*, ethanolic extraction, color index.

INTRODUCCIÓN

Los capsaicinoides son compuestos encontrados en los frutos de chile del género *Capsicum* que proporcionan el sabor picante. Además de la importancia sensorial de estos compuestos, se han utilizado para reducir el dolor en problemas de neuropatías, dolores de cabeza, artritis, neuralgias entre otros. A su vez han sido ampliamente estudiados en relación a las propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias, antitumorales que presentan (Ornelas-Paz *et al.*, 2010). Los capsaicinoides son comúnmente determinados mediante técnicas de HPLC posteriores a una extracción con solventes orgánicos como el hexano, cloroformo y acetonitrilo. Por lo general, las extracciones se realizan en muestras liofilizadas lo que incrementa los costos, aunque también se han realizado estudios con extracciones en fresco (Chinn *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue evaluar tres variables independientes: tipo de solvente, color y humedad a dos niveles cada uno, sobre el contenido de capsaicinoides de muestras de pasta de chile habanero *Capsicum chinense* de la península de Yucatán. Así como la determinación de características fisicoquímicas generales de las muestras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico: Pastas de chile habanero obtenidas a partir de la molienda de chile habanero del estado de Yucatán, a dos estados de madurez (naranja y verde).

Métodos. Los parámetros fisicoquímicos de pH, humedad, porcentaje de acidez total titulable (ATT) e índice de color, fueron determinados de acuerdo a la norma NOM-189-SCFI. La extracción de capsaicinoides se llevó a cabo utilizando etanol y acetonitrilo como solventes, en muestras frescas y liofilizadas de color verde y naranja. La determinación de capsaicinoides se realizó mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) de acuerdo a la metodología reportada por (Chinn *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de las pastas de chile habanero evaluadas se presentan en la Tabla 1. Los valores de pH indicaron que la muestra verde presentó un pH ligeramente menor (pH de 3.3) en comparación a la naranja, el %ATT expresado como miliequivalentes de ácido acético así como la humedad de las muestras no fueron significativamente diferente ($p < 0,05$) en ambos colores evaluados.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de pastas de chile habanero de la península de Yucatán a 2 niveles de madurez (Verde y Naranja).

Parámetro		Pasta con chile verde	Pasta con chile naranja
pH		3,3 + 0,02	3,4 + 0,04
% ATT (miliequivalentes de ácido acético)		1,23 + 0,042	1,21 + 0,034
Índice de color		-0,302 + 0,022	13,81 + 0,35
Humedad (%)	Muestra fresca	84,23 + 0,50	84,28 + 0,12
	Muestra seca	5,70 + 0,02	5,70 + 0,05

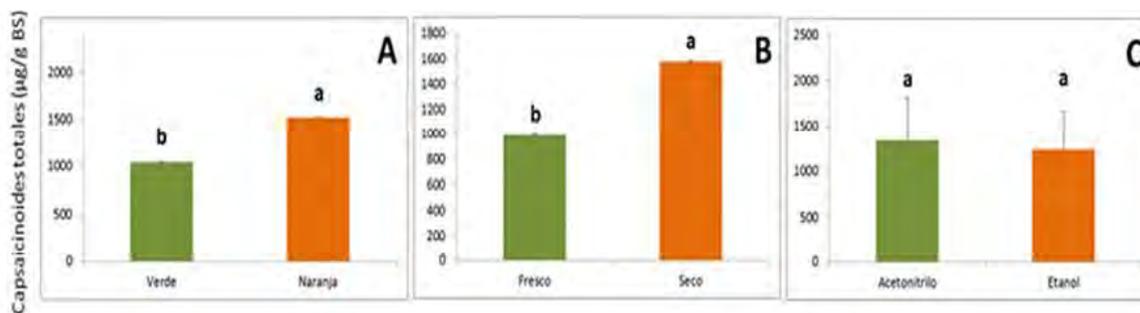


Figura 1. Capsaicinoides totales obtenidos de pastas de chile habanero a diferentes condiciones de extracción. A) Color del fruto, B) Humedad de la pasta, C) Solvente de extracción. Letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Las concentraciones de los capsaicinoides totales de las pastas de chile, sometidas a diferentes condiciones de extracción se muestran en la figura 1. Se observa que la madurez del fruto Figura 1A tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la cantidad de capsaicinoides extraídos, obteniéndose de las pastas naranjas $1520 \mu\text{g/g BS}$ y en las verdes $1042 \mu\text{g/g BS}$; esto sugiere que los frutos naranjas son los que contienen mayor concentración de estos compuestos terpénicos lo que pudo estar influenciado por las condiciones medioambientales a las que estuvieron expuestos.

Al evaluar el efecto del tipo de pasta de chile habanero, seca o fresca, en la extracción de los capsaicinoides Figura 1B se hace evidente un efecto significativo de la presencia del agua, disminuyendo el rendimiento hasta un 37%, pues en la pasta seca se obtuvieron $1575,5 \mu\text{g/g BS}$ de capsaicinoides, mientras que en la húmeda o fresca $987,4 \mu\text{g/g BS}$. Lo anterior

puede deberse a que el agua presente en la muestra diluye la concentración del solvente, disminuyendo la cantidad de compuestos posibles a extraer. En la búsqueda de utilizar solventes de extracción de los capsaicinoides que permitan su empleo en la industria alimenticia de una manera inocua, se utilizó al etanol como una alternativa para este proceso. Al comparar la concentración de estos compuestos extraídos con este solvente Figura 1C con los obtenidos con acetonitrilo que es el solvente que generalmente se utiliza, se observa que no existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos, lo que sugiere que el etanol puede ser una opción para la extracción de estos metabolitos secundarios y ser utilizados como aditivos en los alimentos de una manera inocua. Comparando con la literatura (Chinn *et al.*, 2011) reportaron valores alrededor de $8,000 \mu\text{g/g BS}$ de capsaicinoides totales en el fruto completo, valores que se encuentran por arriba de

lo obtenido, sin embargo ellos obtuvieron estos valores con muestras secadas con estufa y extraídas con acetona.

CONCLUSIÓN.

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos fueron muy similares para los 2 colores de pasta analizados. El tipo de solvente utilizado en la extracción no presentó diferencias significativas en cuanto al contenido de capsaicinoides totales, por lo que podría ser una alternativa para la extracción de los capsaicinoides para uso alimenticio. El estado de madurez de la muestra y la presencia de agua en la misma mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) sobre la cantidad de capsaicinoides extraídos, siendo superior en las pastas naranjas y muestras secadas en estufa.

AGRADECIMIENTOS.

Fondo Mixto CONACYT- Gobierno del Estado de Yucatán. YUC-2011-C09-172091.

BIBLIOGRAFÍA.

- Norma Oficial Mexicana NOM-189-SCFI Chile habanero de la península de Yucatán (*capsicum chinense jacq.*) Especificaciones y métodos de prueba. 2012.
- Chinn, M.S., R.R. Sharma-Shivappa and J.L. Cotter. 2011. Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from Capsicum chinense. Food and Bioproducts processing 89(4):340-345.
- Ornelas-Paz, J. J., J.M. Martínez-Burrola, S. Ruiz-Cruz, V. Santana-Rodríguez, V. Ibarra-Junquera, G. I Olivas and D. Pérez-Martínez. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. 119(4):1619-1625.

Potencial agroindustrial de cáscara de mango Mangifera indica variedad criollo

Agroindustrial Potential of Mango (*Mangifera Indica*) Variety Criollo Peel

Liliana Serna Cock^{1*}, Cristian Torres Leó^{2*}, Brenda Escandón Vargas³,
Gilver Rosero Chasoy⁴, Adriana Micanquer Carlosama⁵.

1, 2, 3, 4, 5 Departamento de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Carrera 32 Chapinero, Vía Candelaria, Bloque 25, 3º piso, oficina 3170. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. lserna@unal.edu.co, ctorresl@unal.edu.co.

Resumen. A través de la caracterización de cáscaras de mango criollo *Mangifera indica*, se identificó su potencial agroindustrial. Se encontró, que el procesamiento artesanal, genera 20,77 % de cáscara. El contenido de materia seca (22,45%), fibra insoluble (18,37%b.s), y compuestos bioactivos, convierte a la cáscara de mango en una materia prima recomendable para agroindustrialización. Dichos componentes pueden utilizarse en el desarrollo de aditivos para alimentos, en preparación de dietas funcionales y en suplementos dietarios. La cáscara, por su llamativo color, contenido de fibra, y propiedades funcionales, puede utilizarse en forma de polvo alimentario para múltiples aplicaciones.

Palabras clave: Fibras dietéticas, antioxidantes, liofilización, residuos de frutas.

Abstract. Through the characterization of native mango (*Mangifera indica*) peel, its agro-industrial potential was identified. It was found that the artisanal processing generates 20.77% of peel. The contents of dry matter (22.45%), insoluble fiber (18.37% bs), and bioactive compounds, makes the mango peel is recommended as raw material for agro-industrialization. Such components may be used

in the development of food additives, in the preparation of functional diets and dietary supplements. The mango peel, by its distinctive color, fiber content, and functional properties, can be used as food powder for multiple applications.

Keywords: Dietary fibers, antioxidants, dry freeze, fruit waste.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han demostrado que las cáscaras de mango son buena fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, vitaminas, enzimas y fibras dietéticas (Ajila *et al.*, 2010), durante el procesamiento, la cáscara es considerada como un desecho y termina siendo una fuente de contaminación ambiental. Para mitigar problemas de este tipo, algunos investigadores han empleado residuos de la agroindustria de frutas, para la generación de productos de valor agregado como antioxidantes, fibras dietéticas, antimicrobianos y colorantes (Ayala *et al.*, 2011). La caracterización física y química de los residuos que se generan durante la agroindustrialización del mango, es necesaria para encontrar un uso potencial que genere

valor agregado. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial agroindustrial de la cáscara de mango de la variedad criollo a partir de la caracterización físico química de la cáscara de mango y del análisis de propiedades funcionales de un polvo de cáscara de mango obtenido por liofilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y caracterización de cáscaras de mango. Se utilizaron cáscaras de 57 mangos 8 kg *Mangifera indica* de la variedad criollo (azúcar), en el estado de madurez 3 (ICONTEC, 2002). Los frutos se lavaron con agua clorada (100 ppm) durante 10 min. Posteriormente los mangos se pelaron con un pelador manual. En cáscara fresca se midió: actividad de agua (aw), a 24°C (Aqua Lab, Decagon Devices, Inc. Model Series 3TE, USA). Contenido de humedad (balanza de humedad, Mettler Toledo AR-204, SUIZA). Celulosa, hemicelulosa y lignina (método de VAN SOEST). Materia seca por el método AOAC 934.01, (1990). Contenido de carotenoides se determinó por espectrofotometría (Ribeiro *et al.*, 2012) "type": "article-journal", "volume": "32", "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=5c2e8bac-c251-4c9a-95a9-37cd1686f44f"] }, "mendeley": { "manualFormatting": "Ribeiro *et al.*, (2012. Antocianinas (Lee *et al.*, 2005).

Obtención de polvo de Cáscara de mango. Las cáscaras se liofilizaron (Labconco Freezone 4.5 USA), a presión de vacío de 133×10^{-3} mBar. Posteriormente se pulverizaron (molino a 20.000 rpm, IKA Labor Technik M20, CHINA). El material molido se pasó a través de un tamiz de 180 μ m. Se midieron propiedades funcionales como densidad aparente, la cual se calculó con un picnómetro. Humectabilidad que se determinó por el método descrito por (Ceballos *et al.*, 2012). Solubilidad, según (Cano *et al.*, 2005). CRA, según lo planteado por (Hassan *et al.*, 2011) "type": "article-journal", "volume": "126", "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=7b8a696a-d7d1-4fbb-b439-dc373c799f48"] }, "mendeley": { "manualFormatting": "Hassan *et al.*, (2011. Los datos se expresaron como media \pm desviación estándar, analizados mediante prueba de Tukey de rango múltiple ($P \leq 0,05$) en S.A.S 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de cáscaras de mango. Se encontró que la cáscara representa 20,7% de la fruta. En la Tabla 1 se presenta la caracterización de la cáscara de mango. Los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina demuestran que la cáscara es buena fuente de fibra dietaria insoluble, la cual se caracteriza por tener la capacidad de retener agua y generar efecto benéfico en la salud. La cáscara presenta contenido de antioxidantes

superiores a los reportados por (Sogi *et al.*, 2013), estos resultados pueden deberse a la influencia de los colores de las cáscaras, ya que la variedad criollo presenta maduración uniforme de color amarillo encendido, factor que influye en los contenidos de carotenoides y antocianinas.

Tabla 1. Contenido de algunos componentes funcionales en cáscara de mango de la variedad criollo

Ms	% Lignina	% Hemicelulosa	% Celulosa	Carotenoides (mg/100g)	Antocianinas* (mg/100g)
22,45 \pm 0,0289	4,59 \pm 0,5959	5,30 \pm 2,1702	8,48 \pm 0,1785	17,62 \pm 7,719	33,27 \pm 6,078

Las antocianinas se reportan como equivalentes de cianidina-3-glucosido, *Los valores se reportan en base seca.

Propiedades físicas y funcionales del Polvo obtenido con cáscaras de mango. El polvo de cáscara de mango presentó valores de aw y de humedad de $0,336 \pm 0,045$ % y $5,436 \pm 0,261$ % respectivamente, estos valores se consideran adecuados para el almacenamiento prolongado en anaquel. La densidad del polvo y la humectabilidad (Tabla 2) están dentro de los rangos encontrados por otros autores para jugos en polvo (Papadakis *et al.*, 2006). Se encontró solubilidad superior a la reportada previamente en cáscara de mango liofilizada de 53 a 64% (Sogi *et al.*, 2013). El resultado de CRA es muy superior al reportado por (Sogi *et al.*, 2013). Por lo anterior la cáscara de mango tiene muchas formas de utilización, pueden utilizarse en el desarrollo de aditivos para alimentos, en preparación de dietas funcionales, en suplementos dietarios entre otros.

Tabla 2. Propiedades funcionales de polvo de cáscara de mango criollo

Densidad ρ_a (g/cm ³)	Humectabilidad (min)	Solubilidad (%)	CRA (g agua / g MS)
0,549 \pm 0,0058	3,200 \pm 0,1513	70,356 \pm 1,4974	6,102 \pm 0,9062

CONCLUSIÓN

La cáscara de mango criollo posee características adecuadas para ser considerado como una materia prima con buenas propiedades nutricionales y funcionales, por lo tanto tiene potencial de agroindustrialización.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajila, C., J. Rao y P. Rao. 2010. Characterization of bioactive compounds from raw and ripe *Mangifera indica* L. peel extracts. *Food and chemical toxicology* 12 (48):3406–11.
- AOAC 934.01. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15 Ed., Method

- 934.01. Virginia, USA.
- Ayala, J., V. Vega y C. Rosas. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*. 7 (44):1866–1874.
- Cano, M., P. Stringheta, A. Ramos y J. Cal. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 4 (6):420–428.
- Ceballos, A., G. Giraldo, C. Orrego. 2012. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of Food Engineering*. 2 (111) :360–365.
- Hassan, F., A. Ismail, A. Hamid, A. Azlan, A. Sadeq. 2011. Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels. *Food Chemistry*. 1 (126): 283–288.
- ICONTEC (2002). Norma Técnica Colombiana 5139. Frustas frescas. Mangos criollos. Especificaciones.
- Lee, J., R. Durst, R. Wrolstad. 2005. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 5 (88) : 1269–1278.
- Papadakis, E., C. Gardeli, C. Tzia. 2006. Spray Drying of juice concentrate. *Drying Technology*. 2 (24): 173–180.
- Ribeiro, M., E. Valério, D. Vilas, T. Riul, L. Pantoja, H. Marinho, A. Soares. 2012. Influence of the extraction method and storage time on the physicochemical properties and carotenoid levels of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oil. *ciencia y tecnologia de alimentos*. 2 (32): 386–392.
- Sogi, D., M. Siddiq, I. Greiby, K. Dolan. 2013. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of “Tommy Atkins” mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food chemistry*. 3 (141) : 2649–55.

Phytochemical Compounds and Biological Activities of *Schinus areira* (L.) Leaves and Fruits

Compuestos Fitoquímicos y Actividades Biológicas de Hojas y Frutos de Schinus areira (L.)

Luís R. Silva¹, Liliana Celaya^{1,2} and Carmen I. Viturro²

¹ REQUIMTE/Laboratory of Pharmacognosy, Department of Chemistry, Faculty of Pharmacy, University of Porto, Portugal. luisfarmacognosia@gmail.com
² PRONOA, Engineering Faculty, Jujuy National University, Italo Palanca, 10, 4600 San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. civiturro@fi.unju.edu.ar

Abstract. In order to improve the knowledge on its metabolite profile and biological properties, two different polar extracts (decoction and hydroethanolic) of *S. areira* fruits and leaves collected in Jujuy (Argentina) were studied. Phenolic compounds and organic acids were determined by HPLC/DAD and HPLC/UV. 17 Phenolics and 9 organic acids were identified. In general way, decoction from leaves and fruits presents a greater richness in these metabolites. The antioxidant, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, α -glucosidase and antibacterial activities were checked by *in vitro* assays. A concentration-dependent activity was noticed against DPPH•, superoxide and nitric oxide radicals. Leaves extracts were the most active against all radicals. The same effect was observed in both cholinesterase inhibitory assays. Antibacterial capacity was investigated against Gram-positive and Gram-negative bacteria, being more effective against the first one. Additionally, α -glucosidase inhibitory activity was also evaluated, leaves extracts showed great antidiabetic potential. The bioactivities observed may be due, at least partially, to the presence of the metabolite determined in the

present study. The results suggest that the extracts may be interesting to use as pharmaceutical incorporations and food additive due to its antiradical, antibacterial and antidiabetic activity. As far as we know, this is the first study assessing these biological activities, phenolics and organic acid composition of *S. areira* fruits and leaves.

Key words: *Schinus areira*, bioactive compounds, biological potential.

Resumen. Con el objetivo de investigar el perfil químico y las propiedades biológicas de *S. areira* de Jujuy (Argentina), se obtuvieron dos extractos polares (acuoso a hidroetanólico) de hojas y frutos de la planta. Los compuestos fenólicos y los ácidos orgánicos se cuantificaron por HPLC/DAD y HPLC/UV. 17 Compuestos fenólicos y 9 ácidos orgánicos fueron cuantificados. De una manera general, extractos acuosos de hojas y frutos mostraron mayor contenido de los metabolitos investigados. Las actividad antioxidante, antimicrobiana, acetilcolinesterasa y butirilcolinesterasa y α -glucosidasa se validaron con ensayos *in-vitro*; en cuanto

a la actividad capturadora de radicales libres se observó un comportamiento dependiente de la concertación frente a DPPH•, O2•– y NO•, siendo los extractos de hojas, los más activos. El mismo efecto se observó en la actividad colinesterasa. En cuanto a la actividad antibacteriana, los extractos ensayados fueron más activos frente a bacterias Gram-positivas comparando con las Gram-negativas. Al evaluar la capacidad de inhibir la α -glucosidasa, los extractos de hojas evidenciaron un gran potencial antidiabético. Las actividades biológicas observadas pueden ser atribuidas, al menos parcialmente, a la presencia en los extractos, de los metabolitos caracterizados en el presente estudio. Los resultados obtenidos indican que los extractos polares de *S. areira* son una interesante fuente de principios activos con potencial para su utilización en la formulación de alimentos debido a sus propiedades antioxidantes, antibacterianas y antidiabéticas.

Palabras clave: *Schinus areira*, compuestos bioactivos, potencial biológico.

INTRODUCTION

Schinus areira L. (Anacardiaceae) is a tree native to the Andean regions of Peru, although at present it is widely distributed throughout Argentina, South Eastern Brazil, Peru, Colombia, Ecuador, Uruguay, Western Mexico and Guatemala (Alonso y Descarchelier, 2005). All parts of this species have been used as food and in traditional medicine to treat several diseases, including respiratory, urinary, menstrual disorders, topical use as wound healer, antiseptic and for skin disorders, and as digestive stimulant, diuretic, astringent and antidepressant, additionally, evidence also indicates that possess insecticidal properties (Bras *et al.*, 2011)

The potential of this plant as a therapeutic agent and their consumption as infusion, aromatic plant and spice (fruits), encourage us to further investigate their metabolite composition and to compare extracts with different polarities focusing their enrichment on active principles. Different solvents and extraction processes to obtain active principles with biological properties from plants have been reported (Couto *et al.*, 2011; Cabana *et al.*, 2013). The solvents most used to prepare extracts from vegetal matrices enriched in metabolites include methanol, ethanol, acetone, petroleum ether, diethyl ether and ethyl acetate (Cabana *et al.*, 2013). However, hydro-alcoholic solvents, such as methanol or ethanol mixtures, have been preferred due to their ability to extract both lipophilic and hydrophilic active compounds, being recovered together in different proportions. Methanol is toxic for humans and thus undesirable for industrial use. Ethanol has several advantages, being cheap and reusable, and the

corresponding extracts could be utilized directly in beverages, foods and cosmetics (Cabana *et al.*, 2013). On the other hand, the use of decoction aims the way it is usually prepared for human consumption.

The aims of this work were to improve the knowledge on metabolite composition and evaluate some biological capacities of two different extracts from *S. areira* leaves and fruits (decoction and hydroethanolic), for further possible exploitation as food additive and food supplements associated to their health-promoting qualities. Following these purposes, the determination of phenolic compounds and organic acids were performed by HPLC/DAD and HPLC/UV, respectively. In addition, the antibacterial, antioxidant, α -glucosidase, acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BuChE) activities were also checked using microassays, which, to our knowledge, has not been done before.

MATERIAL AND METHODS

Plant material. Leaves and fruits of *S. areira* were collected at full fruit mature stage in May of 2013, in Jujuy Province (Argentina). The plant material was identified by Professor Gustavo Giberti (National University of Buenos Aires, Argentina).

Extract's preparation. Decoction: 5 g of dried material was boiled with 100 mL of water for ten minutes. The resulting extract was filtered through a Büchner funnel, frozen and lyophilized. Hydroethanolic: 1 g of dried material was extracted by sonication at 40 °C with 20 mL of ethanol:water (70:30) mixture for 20 min. The obtained extract was evaporated under reduced pressure and kept at –20 °C until further analysis.

Phenolic compounds. The extracts were analysed on an analytical HPLC unit (Gilson), using a previously described procedure (Silva *et al.*, 2014). Chromatograms were recorded at 280, 320 and 350 nm.

Organic acids. The extracts were analysed on an analytical HPLC unit (Gilson), using a previously described procedure (Silva *et al.*, 2014). Chromatograms were recorded at 214 nm.

Biological potential. Antioxidant, α -glucosidase, AChE, and BuChE activities were checked using a Multiskan Ascent plate reader (Thermo Electron Corporation), using previously described procedures (Silva *et al.*, 2014). Additionally, antibacterial activity was tested against six bacteria (*Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa*). The preparation of inocula, determination of minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) was performed according the method described by Lopes *et al.*, (2012).

RESULTS AND DISCUSSION

Phenolic compounds. The HPLC analysis of hydroethanolic and decoction extracts of *S. areira* leaves and fruits allowed the identification of 17 phenolic compounds: two hydroxybenzoic acids, five hydroxycinnamic acids and ten flavonoids. All identified compounds were reported for the first time in these polar extracts. Leaves extracts showed the higher amounts in phenolic compounds, being quercetin-3-O- β -glucoside the main one with 44 and 49% of the total phenolic contents for hydroethanolic and decoction extracts, respectively. In respect to fruits, gallic acid was the most abundant in hydroethanolic and decoction extracts, with 15% and 33% of the determined phenolics, respectively. Phenolic compounds are natural products widely distributed in plant kingdom and currently consumed in large amounts in the daily diet.

Organic acids. In the present study, the HPLC/UV analysis of extracts of *S. areira* leaves and fruits revealed a profile composed by nine identified organic acids: oxalic, aconitic, citric, malic, malonic, quinic, shikimic, acetic and fumaric acids. As far as we know, organic acids composition of *S. areira* leaves and fruits are reported for the first time in this study. Decoction extracts showed higher amounts than hydroethanolic, being the hydroethanolic extracts of fruits the richest one. Citric was the main compound in *S. areira* fruits extracts, representing 40% and 30% of the determined compounds in hydroethanolic and decoction extracts, respectively. On the other hand, malic acid is the major compound in hydroethanolic and decoction extracts of leaves, with 37% and 54% of the determined compounds, respectively. Organic acids are primary metabolites, which can be found in great amounts in all plants, especially in fruits. Citric and malic acids are commonly found in fruits and green leaves (Silva *et al.*, 2014).

Biological potential. The antioxidant activity of *S. areira* of fruits and leaves were performed for the first time in this work, we tested the hydroethanolic and decoction extracts for scavenging activity against DPPH \cdot , nitric oxide and superoxide radicals. All extracts displayed a concentration-dependent antioxidant potential against all radical. Leaves extracts were more active than fruits. Leaves hydroethanolic extract was the most active against DPPH \cdot ($IC_{50} = 28 \mu\text{g/mL}$). Additionally, decoction leaves has proved to be the most active against nitric oxide and superoxide radicals, with an $IC_{50} = 258$ and $21 \mu\text{g/mL}$, respectively.

Concerning AChE and BuChE inhibitory activity, under the assay conditions, leaves extracts exhibited a concentration-dependent inhibitory effect on both enzymes. The decoction

proved to be the most active against AChE ($IC_{50} = 1201 \mu\text{g/mL}$), while the hydroethanolic extract exhibited the best activity with respect to BuChE ($IC_{50} = 1699 \mu\text{g/mL}$). Fruits extracts did not show inhibitory capacity at the tested concentrations, except for the hydroethanolic extract, that showed a little BuChE activity. In respect to α -glucosidase activity, all analysed extracts showed a concentration-dependent inhibitory activity, being the hydroethanolic extract from leaves the most active ($IC_{50} = 4.2 \mu\text{g/mL}$), revealing a great antidiabetic potential.

Extracts were tested against several Gram-positive and Gram-negative bacterial strains, being MIC and MLC values determined. By the analysis of the obtained results, there was considerable variation between the MIC and MLC found among the different studied bacteria. The *S. areira* leaves and fruits extracts showed bacteriostatic activity against all of the studied strains. Results obtained for both extracts revealed that Gram-positive bacteria are more sensitive than Gram-negative ones, previous studies indicate that Gram-negative bacteria appear to be less sensitive to the action of many natural extracts (Lopes *et al.*, 2012), which is in agreement with our results.

CONCLUSIONS

The quantitative and qualitative analysis allowed the identification of two hydroxybenzoic acids, five hydroxycinnamic acids, ten flavonoids and nine organic acids, being identified for the first time in this matrix. The results obtained of this study revealed to be an interesting source of bioactive compounds and demonstrate the efficacy of *S. areira* fruits and leaves extracts as free radical scavengers, α -glucosidase and antibacterial inhibitory activities, suggesting that they may be interesting not only for human health but also as food antioxidant and preservative. Moreover, the AChE and BuChE inhibitory activities, important factors in Alzheimer's disease may extend the use of *S. areira* leaves extracts for pharmaceutical applications. These results can contribute for an increment on the use and consumption of this matrix.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the financial support from the European Union (FEDER funds through COMPETE) and National Funds (FCT, Fundação para a Ciência e Tecnologia) through project Pest-C/EQB/LA0006/2013 and from the European Union (FEDER funds) under the framework of QREN through Project NORTE-07-0124-FEDER-000069 and PICTOUNJU00150 (Argentina). Liliana Celaya is indebted to Erasmus Mundus programme EUROTANGO Project - Argentina for the scholarship.

BIBLIOGRAPHY

- Alonso, J. y C. Desmarchelier. 2005. Plantas medicinales autóctonas de la Argentina. Bases científicas para su aplicación en atención primaria de la salud. pp. 26-33. Editorial L.O.L.A., Argentina.
- Bras, C., F. Gumilar, N. Gandini, A. Minetti y A. Ferrero. 2011. Evaluation of the acute dermal exposure of the ethanolic and hexanic extracts from leaves of *Schinus molle* var. *areira* L. in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 137(3): 1450-1456.
- Cabana, R., L.R. Silva, P. Valentão, C.I. Viturro y P.B. Andrade. 2013. Effects of different extraction methodologies on the chemical composition and biological activities of *Satureja parvifolia* (Phil.) Epling (Lamiaceae). *Industrial Crops products* 48: 49-56.
- Couto, C., L.R. Silva, P. Valentão, E. Velázquez, A. Peix, y P.B. Andrade. 2011. Secreening of the effects induced by the nodulation with *Bradyrhizobium japonicum* on *Glycine max* metabolism. *Food Chemistry*. 127 1487-1476.
- Lopes, G., C. Sousa, L.R. Silva, E. Pinto, P.B. Andrade, J. Bernardo, T. Mouga y P. Valentão. 2012. Can phlorotannins purified extracts constitute a novel pharmacological alternative for microbial infections with associated inflammatory conditions. *Plos One* 7(2) e31145.
- Silva, L. R., J. Azevedo, M.J. Pereira, L. García, E. Velazquez, A. Peix, P. Valentão y P.B. Andrade. 2014. Inoculation of the nonlegume *Capsicum annuum* (L.) with *Rhizobium* strains. 1. Effect on bioactive compounds, antioxidant activity, and fruit ripeness. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 62 (2): 557–564.

Formulación y Evaluación de Barras de Fruta Concentrada de Borojón, Tomate de Árbol y Quinua.

Formulation and Evaluation of Borojón, Tomato Tree and Quinoa Concentrate Fruit Bars

Johan Esteban Villamil G¹, Jorge Luis Parrado P², Jesús Antonio Galvis V³

1. Estudiantes programa de ingeniería de alimentos de UNIAGRARIA, e-mail: Villamil.johan@uniagraria.edu.co

2. Estudiantes programa de ingeniería de alimentos de UNIAGRARIA, e-mail: jlparrado@uniagraria.edu.co

3. Ingeniero agrícola, Ph.D Ciencias Agropecuarias, grupo de investigación "Conservación de frutas y hortalizas", e-mail: galvis.jesus@uniagraria.edu.co

Resumen. Las frutas son fuentes importantes de vitaminas y minerales, vitales en la alimentación humana; sin embargo, la transformación limitada de estas, se caracteriza por la elaboración de productos con excesos de carbohidratos (sacarosa) que pueden resultar nocivos para ciertos sectores de la población, disminuyendo su consumo. Esta investigación tuvo como objetivo el desarrollo y la evaluación de barras de frutas de borojón, tomate de árbol y quinua pseudo cereal, rico en minerales y aminoácidos, endulzadas con fructosa. Para el desarrollo de la investigación se desarrollaron las siguientes formulaciones: 45% Borojón, 45% tomate de árbol y 10% de semillas de quinua; 60% Borojón, 30% tomate de árbol y 10% de quinua; 30% de borojón, 60% tomate de árbol y 10% de quinua. Las pulpas de las 2 frutas se mezclaron de manera manual y se les agregó la quinua; posteriormente se sometieron a concentración a atmosfera normal hasta alcanzar 80° Brix, posteriormente se realizó el moldeo de las barras con dimensiones de 3 cm de ancho, 8 cm de largo y 2 cm de altura. Obtenidas las barras, se almacenaron por un tiempo de 4 semanas a temperatura de 34°C en 2 tipos de empaque: bolsa de polipropileno laminada con multicapa

de polietileno y película de polipropileno bioorientado BOOPP/PEBD metalizado. Durante el almacenamiento a intervalos de una semana se realizaron análisis fisicoquímicos (textura, pH, penetrabilidad) y análisis sensorial. Se encontró que el mejor empaque fue la película metalizada, ya que el producto conservó características similares a las del primer día.

Palabras claves: Nuevos producto, frutas promisorias, conservación, industrialización, nutrición

Abstract. Fruits are important sources of vitamins and minerals, vital for human consumption; however, the limited transformation of these is characterized by the production of products with excess carbohydrates (sucrose) that can be harmful to certain sectors of the population, reducing their consumption. This research aimed at the development and evaluation of borojón, tree tomato and quinoa fruits bars, which are rich in minerals and amino acids, sweetened with fructose. For the development of the research the following formulations were developed: Borojón 45%, 45 % tree tomato and 10% quinoa seeds; Borojón 60%, 30 % tree tomato quinoa and 10%; Borojón 30%, 60 % tree tomato and 10% quinoa.

The fruit pulp 2 were mixed manually and after adding quinoa, subsequently underwent normal atmosphere concentration reaching 80°Brix, then molding was performed bars with dimensions of 3 cm wide , 8 cm long and 2 cm in height. After obtaining the bars, they were stored for a period of 4 weeks at 34 °C in 2 types of packaging: bag laminated with polypropylene and polyethylene multilayer polypropylene film biorented BOOPP/LDPE foil. During storage at weekly intervals Chemical Analysis (texture, pH, penetrability) and sensory analysis was conducted. It was found that the best was the metallized film package, since the product retained similar to the characteristics of the first day.

Key words: *New product, promising fruit, preservation, processing, nutrition*

INTRODUCCIÓN

Las frutas son una fuente de vitaminas y minerales, compuestos importantes para el desarrollo humano, sin embargo debido a su alto grado de perecibilidad, y a las dificultades en su comercialización su consumo es muy bajo en el país. El procesamiento constituye una alternativa de conservación de las frutas y hortalizas, permitiendo mayor vida útil, su consumo en épocas de no cosecha y además suplen los requerimientos nutricionales de vitaminas y minerales en los humanos, Son productos elaborados por deshidratación del puré de frutas en forma de láminas. Artesanalmente se preparan a partir del puré de la fruta y agregando azúcar en jarabe 1:2 ó 1:4 posteriormente el puré es secado al sol por varios días, este método presenta problemas de inocuidad y el tiempo de secado es demasiado largo. Las barras energéticas se consideran un producto con gran potencial industria debido a los compuestos bioactivos que contribuyen al beneficio de la salud (disminución de padecer enfermedades cardiacas, cáncer, diabetes, hipertensión, etc.) por las personas que lo consumen (Inarritu y Vega, 2001).

El fruto de borjón fisiológicamente maduro es rico en elementos básicos de la alimentación humana como lo es: hierro,

magnesio, calcio, fósforo, aluminio, sodio, titanio, silicio, boro, cobre, níquel y plomo entre otros. (Restrepo, J. 2007). El Tomate de árbol posee grandes propiedades, reducción de colesterol, su alto contenido de fibra, vitaminas A y C, y su bajo nivel de calorías. Es rico en minerales como calcio y hierro contiene niveles importantes de proteína y caroteno (Cadena 2001). La quinua es un cultivo de elevadas cualidades nutricionales, es uno de los alimentos principales del hombre andino. Rico en vitamina y aminoácidos. (Montoya *et al.*, 2005).

El objetivo de la investigación fue desarrollar barras de frutas de borjón, tomate de árbol y quinua pseudo cereal, rico en minerales y aminoácidos, endulzadas con fructosa.

MATERIALES Y MÉTODO

La materia prima fue adquirida en la central de abastos de Bogotá CORABASTOS y la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Fundación universitaria agraria de Colombia – UNIAGRARIA- Se desarrollaron 3 formulaciones para las barras: 1. 60% de pulpa de Borjón, 30% de pulpa de tomate de árbol y 10% de quinua; 2.1. 30% de pulpa de Borjón, 60% de pulpa de tomate de árbol y 10% de quinua; 3. 45% de pulpa de borjón, 45% de pulpa de tomate de árbol y 10% de quinua. En cada formulación se mezclaron los 3 productos y se añadió fructosa en porcentaje del 40% del peso total de la mezcla de los 3 productos. La mezcla final se concentró hasta 80° Brix; finalmente se moldearon barras de 8 cm de largo por 3 cm de ancho y 2,5 cm de altura, los cuales fueron almacenados en 2 tipos de empaques (bolsa de polipropileno laminada con multicapa de polietileno y película de polipropileno biorentado BOOPP/PEBD metalizado), por un tiempo de 4 semanas (28 día) días a 34°C. Análisis de textura (penetrabilidad, adhesividad y fracturabilidad) y sensorial fueron realizados a intervalos de 1 semana. En la evaluación sensorial participaron 15 panelistas semientrenados. Las operaciones del proceso se describen en la Figura 1.



Figura 1: Metodología de la investigación

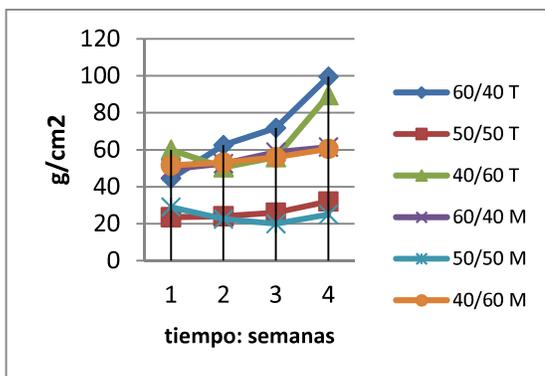


Figura 2: Variación de la penetración

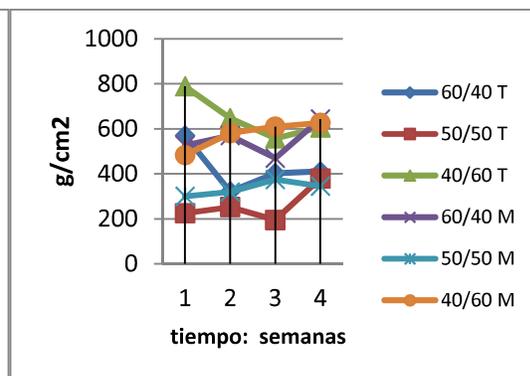


Figura 3: Variación adhesividad y fracturabilidad

El diseño estadístico fue completamente al azar con estructura de diseño 3*2 (3 formulaciones, 2 tipos de empaque), con 2 repeticiones. Se empleó el ANOVA para establecer si existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La prueba de comparación de TUKEY fue utilizada para examinar si hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. La muestra estuvo constituida por 2 barras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de resistencia a la penetración, adhesividad y fracturabilidad se muestran en las figuras 2 y 3.

Para la penetración, se encontró para las 3 formulaciones en los 2 tipos de empaque que hubo mayor aumento de la resistencia a la penetración en las barras colocadas en empaque transparente, este comportamiento se debe a que la película transparente es más permeable que la metalizada, permitiendo mayor flujo de agua desde el producto hacia el ambiente que la película laminada. La pérdida de humedad produce un endurecimiento del producto; con relación al contenido de frutas en la formulación, se encontró que a mayor porcentaje de borjón la resistencia a la penetración también aumentó a lo largo del almacenamiento.

En las barras de las tres formulaciones almacenadas en empaques transparentes disminuyeron su resistencia a la fracturabilidad; comportamiento contrario presentaron las barras colocadas en el empaque metalizado en las cuales se presentó un aumento.

El ANOVA mostró que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos para la variable de fracturabilidad. La prueba de comparación de TUKEY indicó que los mejores comportamiento al final del almacenamiento respecto al inicio fueron las formulaciones de 30% de borjón, 60% de tomate de árbol y 10% de quinua, en empaque transparente y la

formulación 45% de borjón y 45% de tomate de árbol y 10% de quinua en empaque metalizado.

A continuación se presentaran los promedios obtenidos para los análisis sensoriales realizados al inicio y al final del almacenamiento.

Tabla 1: Promedios de calificaciones del análisis sensorial para el día 0

DÍA 0						
Empaque	Muestra	Color	Olor	sabor	textura	apariciencia general
	1	3,9	4,0	3,6	3,6	3,8
	2	4,0	4,5	3,9	3,9	3,9
	3	4,0	3,8	3,6	3,8	3,9

Para el día 0, el análisis sensorial mostró las mayores calificaciones a la formulación de 45% de borjón, 45% de tomate de árbol y 10% de quinua.

Tabla 2: Promedios de calificaciones del Análisis sensorial para el día 30

Semana 4						
Empaque	Muestra	Color	olor	sabor	textura	apariciencia general
Transparente	1	3,6	3,2	3,3	2,7	3,4
	2	3,3	3,1	3,7	3,4	3,5
	3	3,4	3,3	3,6	3,7	3,6
Metalizado	1	4,5	4,0	3,2	3,7	3,7
	2	3,9	4,4	3,9	3,8	3,9
	3	4,1	3,8	3,1	3,4	3,1

Para el día 30 esta misma formulación obtuvo las mayores calificaciones de los panelistas, con excepción del atributo del color.

CONCLUSIÓN

La mejor formulación de las barras correspondió a las barras de 45% de borjón, 45% de tomate de árbol y 10% de quinua. Para el final de almacenamiento (día 28) la formulación 45% de borjón, 45% de tomate de árbol y 10% de quinua. Empacada en filme metalizado fue la que presentó el mejor comportamiento a nivel físico y sensorial.

BIBLIOGRAFÍA

Restrepo, J. 2007. Borjón. Revista reciteia. 7 (2): 4-15.
Cadena, E. 2001. Estudio de prefactibilidad para Tomate

de árbol. En: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/epftomarbol.pdf>. Consulta: 15 de Noviembre 2007

Montoya, L.A. 2005. Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. En: <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v15n25/v15n25a07.pdf> Consulta: Marzo 10 de 2014.

Inarritu M. y L. Vega. 2001. Las barras de cereales como alimento funcional en los niños. En: [http://www.medigraphic.com/Revista_mexicana_de_pediatría_68_\(1\).8-12](http://www.medigraphic.com/Revista_mexicana_de_pediatría_68_(1).8-12). Consultado: Marzo 10 del 2014.

Los Insectos Como Potencial Fuente de Alimentación para la Población Colombiana

Insects as a Potential Feeding Resource for the Colombian Population.

Manuela Orozco Muñoz¹

1 1 Estudiante de Ingeniería Biológica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de ciencias. AA. 17 79. Medellín, Colombia. <maorozcomu@unal.edu.co>

Resumen. *En Colombia, la falta de proteína animal de bajo costo económico y ambiental, ha llevado a serios problemas de desnutrición en la población. Los insectos son una alternativa viable para combatir estas dificultades ya que son una buena fuente de proteína, grasas (principalmente insaturadas, como el ácido linoléico, palmítico y mirístico) y vitaminas del complejo B (B1, B2 y B6). Estos insectos comestibles presentes principalmente en los grupos **Himenóptera, Ortóptera y Lepidóptera** tienen además mayores beneficios ambientales y menores costos de producción que las fuentes proteicas animales consumidas comúnmente.*

Palabras clave: *Proteína, entomofagia, nutrición.*

Abstract. *In Colombia, the lack of environmentally and economically affordable animal protein, has led to serious problems of population malnutrition. Insects are a viable alternative in order to combat these difficulties as they are a good source of protein, fats (mainly unsaturated, such as linolenic acid, palmitic and myristic fats) and B vitamins (B1, B2 and B6). These edible insects, found mainly in the Hymenoptera, Orthoptera and Lepidoptera groups also have greater environmental benefits and lower production costs when compared to animal protein sources commonly consumed.*

Key words: *protein, entomophagy, nutrition.*

INTRODUCCIÓN

En diferentes lugares y contextos del mundo son notables los problemas de desnutrición asociada a la falta de alimentos para la ingesta diaria ya sea por limitaciones en la capacidad productiva regional o por altos costos económicos y dietas desbalanceadas, evidentes desde edades tempranas. En Colombia, el 5,1% de la población menor de 5 años presenta insuficiencia ponderal (Organización Mundial de la Salud, 2011), y según información obtenida de la (ENSIN 2010) los ciudadanos tienen en promedio un consumo bajo de alimentos fuentes de micronutrientes como calcio, hierro, vitamina B12, zinc y proteínas de alto valor biológico, siendo la carne un alimento reconocido por proveer este tipo de proteína.

Esta deficiencia en proteína animal, puede originarse, según Guarín, (2008), en los altos precios de la carne producto de una cadena extensa, poco productiva y poco eficiente. Una alternativa prometedora para combatir este problema tan preocupante, es el consumo de insectos. Se han reportado alrededor de 500 especies comestibles en todo el mundo, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales (DeFoliart, 1990) constituyendo un excelente recurso alimenticio, debido a que representan el grupo animal más

abundante del mundo (Araujo y Beserra, 2007).

Diversos estudios sobre la caracterización nutricional de muchos insectos comestibles, revelan un nivel significativo de nutrientes esenciales, por ejemplo, los huevos de algunas especies del orden Hemiptera conocidos como “el caviar mexicano” contienen 0,20% de Calcio, 0,33% de Hierro, 5,7% de grasa, 77% de Proteína y 0,73% de fósforo, además de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales (Van Itterbeeck y Van Huis, 2012). Por su parte, el gorgojo de la palma africana *Rhychophorus phoenicis* presenta aproximadamente un 66% de proteína y un alto contenido de potasio 1025 mg/100g, fósforo 685 mg/100g y ácidos grasos como el palmítico y el esteárico 35,3 y 60,5% del total de grasa respectivamente (Elemo *et al.*, 2011)

El presente estudio pretende entonces, recopilar información relevante que permita formar un panorama sobre el consumo de insectos, su viabilidad y su potencial implementación en la alimentación colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron más de 50 referencias bibliográficas, principalmente publicaciones académicas en bases de datos de divulgación científica como “Science direct” y “Academic

search complete”, que permitieran formar un panorama sobre el consumo de insectos en la actualidad, contemplando desde los primeros estudios en las regiones indígenas de Colombia década de los 70 y 80, hasta datos más recientes 2004-2014 sobre el valor nutricional de los insectos, sus beneficios, obstáculos y retos para la producción.

Algunos estudios relacionados con el valor nutricional de algunas especies alrededor del mundo, arrojaron datos sobre organismos que están presentes en el territorio colombiano y que pueden servir de base para conocer las propiedades de estos insectos en el país, teniendo en cuenta que pueden variar levemente debido a la diversa ubicación geográfica de las muestras usadas en las investigaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La entomofagia tiene un sobresaliente papel complementario en la dieta de muchos grupos autóctonos, al ayudar a compensar la deficiencia en proteína animal. Estudios en Colombia, indican que los Tukanoan² consumen más de 20 especies de insectos, especialmente durante los periodos más difíciles del año, como la estación lluviosa, cuando la pesca y la caza son escasas (Dufour, 1987). Igualmente,

2 Familia lingüística de Colombia, Brasil, Ecuador y Perú

Tabla 1. Especies de insectos comestibles en Colombia

NOMBRE	NOMBRE COMÚN	PROTEÍNA(%)	GRASA(%)	FUENTE	IMAGEN
Spodoptera frugiperda	Cogollero del maíz	59	20.6	Capinera, 2008	
Rhynchophorus palmarum	Picudo negro	25.8	38.5	Capinera, 2008	
Acheta domesticus	Grillo doméstico	64.4	18.5	Rumpold y Schlüter, 2013	
Bombyx mori	Gusano de seda	62.7	14.2	Capinera, 2008	
Polybia sp.	Avispa negra	63	13	Capinera, 2008	
Drosophila melanogaster	Mosca de la fruta	56.3	17.9	Capinera, 2008	
Atta laevigata	Hormiga “culona”	20.4	33	Rueda, 2004	

Ruddle (1973) reporta al menos 25 especies consumidas por la tribu Yukpa, ubicada en ambos lados de la frontera colombo-venezolana.

Esta calidad alimenticia se sustenta en el valor nutricional; el rango de proteína cruda presente en los insectos está entre 40% y 75% (Klunder 2012), vitaminas como la tiamina tienen entre 0,1 y 4 mg /100g de peso seco, e incluso algunos insectos presentan mayor cantidad de hierro que la carne de vaca, como en el caso de *Locusta migratoria*, una especie de saltamontes cuyo contenido férrico está entre 8 y 20 mg / 100 g de peso seco. (FAO, 2013)

En la Tabla 1. Vemos algunas especies de insectos comestibles presentes en Colombia, el nombre común, su respectivo porcentaje de proteína y grasa y una imagen representativa. Aparte de los beneficios nutricionales, los insectos presentan otras ventajas, tales como: alta eficiencia en conversión alimenticia (Yi, *et al.*, 2013), alta tasa de fecundidad y una rápida tasa de crecimiento (Premalatha, *et al.*, 2011) y gran potencial como alimento para otros animales (Sánchez, *et al.*, 2014).

Frente al reto de la producción en masa, Rumpold y Schlüter (2013) comentan: Es necesario desarrollar tecnologías de crianza, cosecha, post-cosecha y técnicas que permitan disminuir los costos de producción.

CONCLUSIÓN

Los insectos son una alternativa viable para combatir el problema de la desnutrición en Colombia, debido a la variedad de especies comestibles, calidad nutricional, beneficios medio-ambientales, así como su alta tasa de fecundidad y su eficiencia en conversión alimenticia. Sin embargo, la producción en masa de insectos continúa en sus etapas iniciales y se requiere todavía un alto desarrollo de técnicas que permitan garantizar la inocuidad y calidad de los productos.

BIBLIOGRAFÍA

- Araujo Y, y P. Becerra. Diversidad en invertebrados consumidos por las etnias Yanomami y Yekuana del Alto Orinico, Venezuela. Interciencia 200732318-323. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932505>. Fecha de consulta: 19 de abril de 2014.
- Capinera, J.L. 2008. Encyclopedia of entomology. Second Edition. Springer. Vol. 4. pp 2625- 2629.
- Costa, E. y J. Ramos-Elorduy. 2006. Los insectos comestibles del Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 38(1): 423:442
- DeFoliart, G.R. 1990. Insects as food in indigenous populations. Ethnobiology: Implications and Applications. Proceedings of the first international congress of ethnobiology, Brazil, 1988.1(1): 145-150.
- Dufour, D.L. 1987. Insects as food: A case study from the northwest Amazon. Am. Anthropologist 89(2): 383-397.
- Elemo B.O, G.N Elemo, M.A Makinde, O.L Erukainure. 2011. Chemical evaluation of African palm weevil, *Rhychophorus phoenicis*, larvae as a food source. Journal of Insect Science 11:146 available online: insectscience.org/11.146.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO forestry paper. 171. Rome.
- Guarín, A. 2008. Carne de cuarta para consumidores de cuarta. Revista de estudios sociales, Universidad de los Andes 29(1): 104-119.
- Klunder, H.C., J. Wolkers-Rooijackers, J.M. Korpela, M.J. Nout. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food Control 26(2): 628-631.
- Organización Mundial de La Salud. 2011. Estadísticas sanitarias mundiales. Ediciones de la OMS. pp 23.
- Premalatha, M., T. Abbasi, T. Abbasi, S.A. Abbasi. 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(9): 4357-4360.
- Ruddle, K. 1973. The human use of insects: examples from the Yukpa. Biotropica 5(2): 94-101
- Rueda, E.D. 2004. Extracción y análisis de ácidos grasos presentes en la hormiga "culona" (*Atta laevigata*). Trabajo de grado, pregrado en Química. Facultad de ciencias. Universidad industrial de Santander. 85 p.
- Rumpold, B. y O. Schlüter. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science & Emerging Technologies 17(1): 1-11.
- Sánchez, M.J., Barroso, F., Manzano, F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. Journal of Cleaner Production 65(1): 16-27.
- Van Itterbeeck, J., Van Huis, A. 2012. Environmental manipulation for edible insect procurement: a historical perspective. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 8(1): 3-9
- Yi, L., Lakemond, K., Sagis, L., Eisner-Schadler, V., Van Huis, A., Van Boekel, M. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. Food Chemistry 141 (4): 3341-3348

La Miel y su Actividad Terapéutica en Quemaduras¹

The Honey and its Therapeutic Activity in Burns

Sandra Guerrero-Gamboa¹, Carmen Helena Pinto², Yesly Rincón³, Dulay Vargas⁴

1 Docente. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Enfermería.
Email: nsguerrero@unal.edu.co

2 Enfermera. Email: chpintos@unal.edu.co

3-4 Enfermeras S.S.O. Hospital San José del Guaviare. Email: yjrincont@unal.edu.co

5 Email: duevargasbu@unal.edu.co

Resumen: El objetivo fue evaluar la efectividad terapéutica de las mieles bioactivas de *Apis mellifera* producidas en Colombia como un tratamiento innovador en el cuidado de enfermería, sobre las necesidades de las quemaduras de II grado, el costo del tratamiento, la estancia hospitalaria empleando criterios clínicos y microbiológicos, en pacientes pediátricos de la Unidad de Quemados de la Fundación Hospital de La Misericordia. Método experimental, tipo casos y controles. Muestra: 20 quemaduras de II grado. Los resultados revelan que los tratados con miel requirieron menor tiempo de desbridamiento, granulación y epitelización, menor número de curaciones, cero procedimientos quirúrgicos, menor tiempo de hospitalización, ninguna complicación y menor costo económico, en cuanto que los sometidos a tratamiento convencional, requirieron escarotomía e injerto y se presentó infección por *Staphylococcus epidermidis*, por lo tanto, el tratamiento fue más costoso.

Palabras clave: Miel, enfermería, curación, quemadura,

Abstract: The objective was to evaluate the therapeutic effectiveness of *Apismellifera* bioactive honeys produced in Colombia as an innovative treatment in the care of nursing on the needs of II degree burns, the cost of treatment, hospital stay, using clinical criteria and microbiological in Burns Unit of Hospital Foundation La Mercy pediatric patients. The method was experimental, case-control. Sample: 20 II degree burns. The results show that those treated with honey shorter required debridement, granulation and epithelialization, fewer healing, zero surgical procedures, shorter hospitalization time, any complicated and less economic cost. In the other hand, those undergoing conventional treatment were required escharotomy and graft and infection occurred by *Staphylococcus epidermidis*, therefore, treatment was more costly

Key words: Honey, nursing, healing, burns.

INTRODUCCIÓN

Las quemaduras son consideradas como una causa importante de morbilidad y mortalidad infantil, convirtiéndose en un problema de salud pública debido a sus implicaciones físicas, psicológicas

y socioeconómicas (Alviar *et al.*, 2011). En Colombia más de la mitad de las quemaduras ocurren en menores de 13 años por líquido caliente, a este grupo de accidentes prevenibles se agrega el uso indiscriminado de la pólvora (Ministerio de la Protección Social, 2009).

El uso de miel no provoca ninguna reacción alérgica, hay una rápida eliminación del olor de la herida, se mejora la granulación (Noori *et al.*, 2012) promueve la epitelización y la angiogénesis, posee actividades anti-inflamatorias y antioxidante (Bangroo *et al.*, 2005), siendo adecuado para la cicatrización de quemaduras leves y moderadas de espesor superficial y parcial en comparación con ciertos apósitos convencionales (Jull, 2008), evita el crecimiento bacteriano, manteniendo las heridas estériles (Subrahmanyam, 1998). La miel puede ser el producto más barato, seguro y eficaz (Salati *et al.*, 2009), sus componentes y características contribuyen en la curación temprana y en la disminución de la estancia hospitalaria, siendo costo-eficaz (Subrahmanyam, 2007).

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad terapéutica de las mieles bioactivas de *Apis mellifera* producidas en Colombia como un tratamiento innovador en el cuidado de Enfermería, sobre las necesidades de las quemaduras de II grado, el costo del tratamiento, la estancia hospitalaria empleando criterios clínicos y microbiológicos, en pacientes pediátricos de la Unidad de Quemados de la Fundación Hospital de La Misericordia. Está se basa en la única evidencia investigativa Nacional (Serna *et al.*, 2010) dada por los estudios realizados por los integrantes del "Grupo de Estudios e Investigación para el Cuidado del niño con heridas, estomas o incontinencias" de la Facultad de Enfermería y del Grupo en Ciencia y Tecnología apícola AYNII" de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia, igualmente se basa en literatura científica, existente a nivel Internacional sobre la efectividad farmacológica de las mieles, surgiendo la necesidad de abordar un tema nuevo y poco

explorado en nuestro medio como lo es la efectividad terapéutica de las mieles colombianas como tratamiento para las quemaduras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio contó con aval ético institucional y requirió de consentimiento informado por parte de los padres de los menores, el método fue experimental, tipo casos y controles. La población fueron los Pacientes pediátricos hospitalizados con quemaduras de II grado en la Unidad de Quemados de la Fundación Hospital de La Misericordia. La muestra estuvo constituida por 20 heridas por quemadura (17 correspondientes a 9 pacientes caso, tratados con apósitos de miel y 3 heridas por quemadura de 3 pacientes control con tratamiento convencional: apósitos con vaselina); el grado de profundidad de las quemaduras fue de II grado superficial y profundo, la etiología líquidos hirvientes. Se cumplieron con criterios de inclusión y exclusión

Para el análisis se organizaron 3 grupos: el primero se constituyó por las lesiones con área de superficie corporal quemada menor a 20 cm² (5 de caso estudio y 1 de caso control); el segundo grupo por lesiones con área de superficie corporal quemada entre 20,1cm² y 45,0 cm² (7 de caso estudio y 1 caso control)

y tercer grupo por lesiones con áreas mayores a 45,1cm² (5 de caso estudio y 1 de caso control). Las lesiones estaban localizadas en tórax, dorso de la mano, espalda, región glútea, plantas y área espacial (dorso del pie). El caso se cerró por egreso del paciente secundario a epitelización de las lesiones.

Los datos fueron recolectados entre el 24 de diciembre de 2012 y el 31 de mayo de 2013. Los pacientes fueron codificados con las siglas CE para los caso estudio y CC para los caso control, seguida del número del grupo (1, 2, 3) seguido de punto y número de orden en que ingresaron al estudio. Ejemplo: CE1.1 para el primer paciente caso estudio del grupo 1 y CC1 para el caso control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución del proceso de cicatrización: Se presentan comparando los resultados obtenidos en cada uno de los grupos.

El caso control presentó, infección por *Staphylococcusepidermidis* que requirió de antibióticos sistémicos y presentó un 50,4% de reducción del área de la lesión, requiriendo escalectomía.

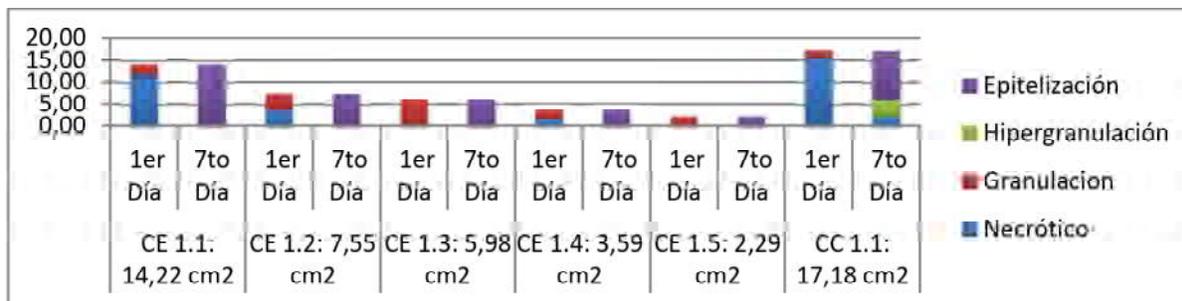


Figura 1. Comportamiento de la evolución del proceso de cicatrización en el primer grupo, lesiones con área de superficie corporal quemada menor a 20 cm² (5 de caso estudio y 1 de caso control)

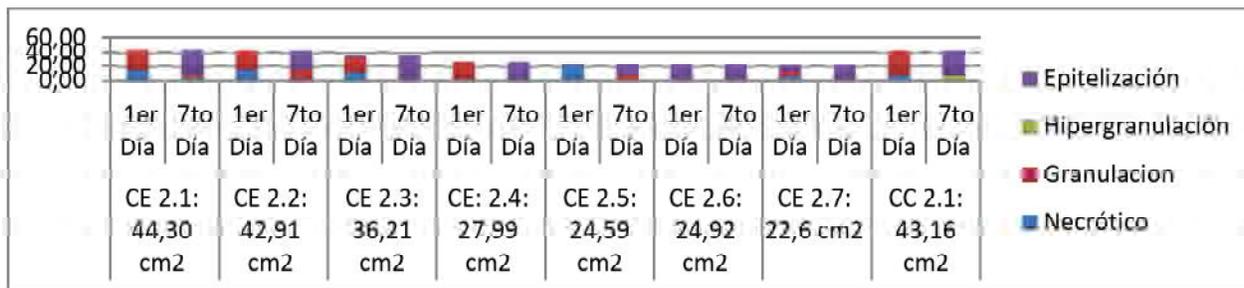


Figura 2. Comportamiento de la evolución del proceso de cicatrización en el segundo grupo por lesiones con área de superficie corporal quemada entre 20.1cm² y 45.0 cm² (7 de caso estudio y 1 caso control).

Costo del tratamiento. Los costos de hospitalización de los pacientes de caso estudio estuvo Facturado por la Institución comprendió entre \$173,120.00 y \$246,940.00 día, lo cual quiere decir que en promedio el costo de los pacientes de estudio fue de \$1'585.512.00 en comparación con los casos control que fue \$2'642.520.00, y el costo promedio total facturado por la Institución en los pacientes de caso estudio fue de \$4.082.157.00 y a los pacientes control fue de \$5.600.986.00.

De acuerdo con la tarifa de la Institución el costo del material de las curaciones de los pacientes con tratamiento convencional es de \$15,620.00, lo cual equivale a decir que en promedio el valor de los insumos del tratamiento convencional es de \$145,734.00. En comparación con el costo del material de las curaciones de los pacientes con tratamiento con apósitos impregnados es de \$10,335.00, en promedio el valor de los insumos del tratamiento con apósitos con miel es de \$62,010.00. observandose una reducción de 40,3% del valor de los insumos del tratamiento al utilizar apósitos impregnados con miel.

El estudio permitió desarrollar y perfeccionar la técnica para elaborar apósitos impregnados de miel bajo condiciones de asepsia, los cuales fueron desarrollados por el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, los cuales contaron con certificado microbiológico y antimicrobiano. Un resultado adicional del desarrollo de este estudio es la elaboración de la *“Guía de Enfermería Basada en la Evidencia para la curación de pacientes con quemaduras empleando apósitos con miel”*.

CONCLUSIONES

La miel favoreció el proceso de reparación tisular continuo y organizado, permitió una cicatrización adecuada sin complicaciones en los pacientes tratados con apósitos con miel llevando a una disminución del tiempo de la cicatrización.

La miel es costo-efectiva en el cuidado de personas con quemaduras de II grado ya que se demostró una reducción del tiempo de hospitalización, del número de curaciones, de procedimientos quirúrgicos, de complicaciones y de valor del tratamiento, lo cual repercute en la calidad de vida de los

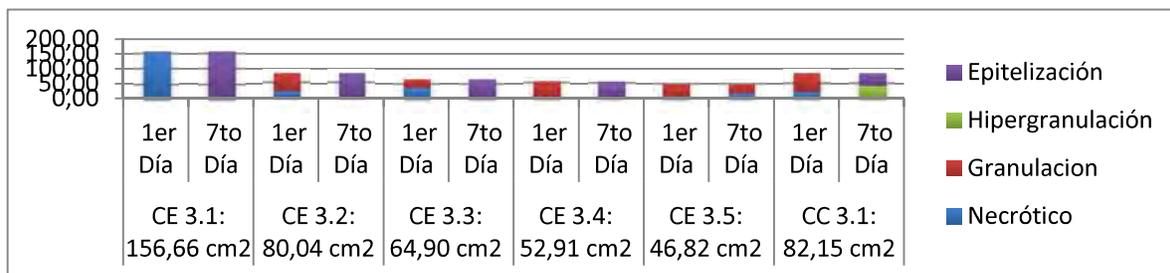
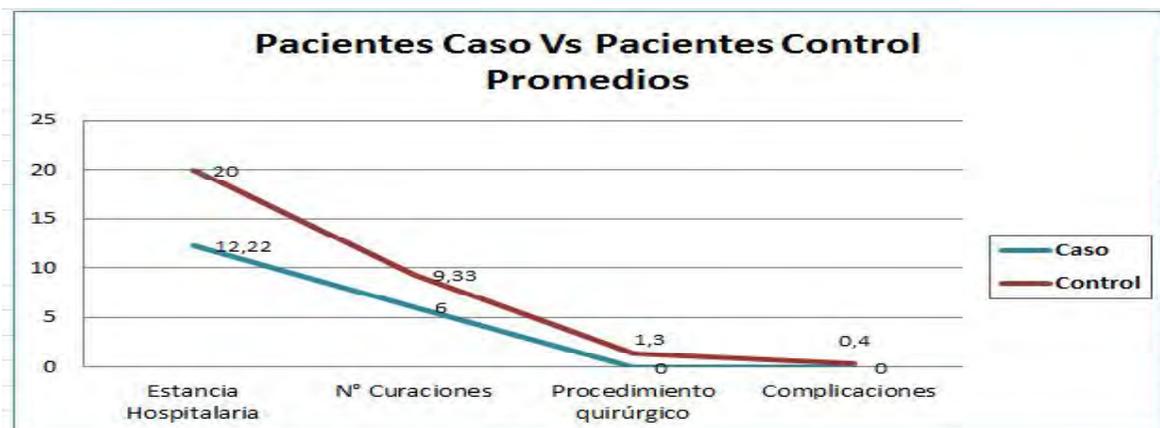


Figura 3. Comportamiento de la evolución del proceso de cicatrización del tercer grupo por lesiones con áreas mayores a 45.1cm² (5 de caso estudio y 1 de caso control).



Grafica 4. Comportamiento de los pacientes caso de estudio frente a los pacientes caso control. Fundación HOMI, 2013.

niños y sus familias debido al retorno temprano al hogar con un mínimo de limitaciones, adicionalmente se evidenció mejor cicatrización, permitió desarrollar la técnica de preparación de apósitos con miel y desarrollar la *Guía de Enfermería Basada en la Evidencia para la curación de pacientes con quemaduras empleando apósitos con miel*.

El trabajo aporta al conocimiento de Enfermería y su aplicación en la práctica clínica especializada y fue un aporte al fortalecimiento del gremio apicultor al aumentar los usos de sus productos de la colmena, en este caso la miel, como un tratamiento innovador del cuidado de quemaduras.

BIBLIOGRAFÍA

- Alviar, J., J. Jaimes, D. Guzmán, S. Soler, O. Bohórquez y S. Gómez, 2011. ¿Existe relación entre la extensión de la quemadura, el polimorfismo genético y la supervivencia en pacientes pediátricos?, Revista Médica Universidad Industrial de Santander. (24): 116-22.
- Ministerio de Protección Social, 2009. Guías para Manejo de Urgencias. Ministerio de la Protección Social. En la: <http://www.minproteccion-social.gov.co>
- Noori S, Al-Waili K, Khelod Salom, Ahmad A, Al-Ghamdi, 2011. Honey for Wound Healing, Ulcers, and Burns; Data Supporting Its Use in Clinical Practice. Revista The Scientific World JOURNAL (11): 766-787.
- Bangroo A, Khatriramji, Chauhansmita, 2005. Honey dressing in pediatric burns. Revista J Indian Association Pediatric Surgical. (10), 3.
- Jull Ab, Rodgers A, 2008. Honey as a topical treatment for wounds. Revista Cochrane Database Syst. (8), 4.
- Subrahmanyam M, 1998. A prospective randomised clinical and histological study of superficial burn wound healing with honey and silver sulfadiazine. Revista Burns 24(2):157-61.
- Salati, Sajad A, Rather, Ajaz, Wani, Shabeer A, 2009. Pilot Study On Burn Wounds Dressing With Bee's Honey - A Traditional Medicine. Revista Internet Journal of Health, (9),2.
- Subrahmanyam M, 2007. Topical application of honey for the treatment of burn wound - an overview. Revista Annals of Burns and Fire Disasters 20(3).
- Serna González C.V., Mariño Ángela M, Moreno M.C., Guerrero S, 2010. Apiterapia en heridas pediátricas: Una intervención integral de enfermería. Revista Manos al cuidado 2: 25-33.

Encapsulación de Fructoligosacáridos y Vitamina C en Néctar de Mango Edulcorado con Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Encapsulation of Fructooligosaccharides and Vitamin C in Mango Nectar Sweetened with Yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

Laura Sofía Valenzuela¹; Rafael Humberto Villamizar Vargas²; Sara Victoria Angel^{3*}

1 1,2,3*Programa de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingenierías, Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia, Km. 5 Vía La Tebaida Armenia, Colombia. Corresponding autor. Tel.: +57 3003490436. E-mail addresses: torresvallaura@miugca.edu.co

Resumen. Se evaluó la adición de 33,3% de yacón en el néctar de mango y la encapsulación de fructo oligosacárido (FOS) y Vitamina C a través de secado por aspersión. Se evaluó el efecto de la temperatura, concentración de fosfatotricálcico (FT) y maltodextrina en el secado, evidenciando una actividad de agua (*Aw*) inferior a 0,42 y el efecto se vio potenciado por la adición de FT; la variación en el rendimiento no marcó una tendencia. Durante la rehidratación se observó para todos los tratamientos recuperación de la AW superior al 96%; la alta concentración de maltodextrina protegió los sólidos solubles totales (SST) y la Vitamina C. En conclusión el néctar de mango edulcorado con yacón representa una alternativa de bebida refrescante, funcional, estable en almacenamiento y de fácil regeneración.

Palabras clave: Conservación de frutas, secado por aspersión, mango (*Tommy atkins*).

Abstract. The addition of 33.3% of yacon in mango nectar and Fructooligosaccharides (FOS) and vitamin C encapsulation by spray drying was evaluated. The effect of temperature, tricalcium phosphate (TP) and maltodextrin on the spray drying were evaluated, showing water activity (*Aw*) below 0.42 and a potentiated effect generated by the addition of TP. The variation on yield did not show any tendencies. During rehydration, for all the treatments WA recuperation over 96% was observed. The high concentration of maltodextrin protected the Total Soluble Solids (the FOS within them) and

the Vitamin C. To conclude, the mango nectar sweetened with yacon represents a functional, stable in storage, and easy rehydration refreshment alternative.

Key words: Fruit conservation, spray-drying, mango (Tommy Atkins).

INTRODUCCIÓN

Los néctares comerciales contienen sacarosa o edulcorantes sintéticos, trayendo consigo enfermedades como la diabetes. Se pueden utilizar edulcorantes naturales, extraídos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), un tubérculo andino rico en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, reductores del nivel de glucosa en la sangre (Simonovska *et al.*, 2003). Estos tubérculos también son ricos en antioxidantes (Campos *et al.*, 2012;). Como los FOS son capaces de resistir la hidrólisis enzimática en el tracto intestinal, pueden ser utilizados como edulcorantes para personas con diabetes (Lachman *et al.*, 2003). En el almacenamiento los alimentos pueden sufrir alteraciones, por lo cual se utiliza el secado por atomización (SA) para proteger los componentes activos (Qian Shen, 2013), consiste en convertir pequeñas gotas de líquido en polvo a través de la evaporación del agua. La rehidratación pretende restaurar las propiedades del producto fresco por contacto con productos con una fase líquida. El agua es absorbida por el material seco, luego la inflamación del producto rehidratado, y la difusión de componentes solubles (Cox *et al.*, 2012). El secado por atomización ha sido utilizado para mejorar la solubilidad y estabilidad de productos en la industria. (Ordoñez y Herrera, 2014).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de yacón en néctar de mango y el proceso de encapsulación de FOS y vitamina C por secado por aspersión con aire caliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima, obtención del jarabe de yacón y formulación del néctar. Se utilizó mango (*Tommy atkins*) de 11 a 13 °Brix y yacón del mercado local. El jarabe de yacón (JY) fue preparado según Manrique *et al.*, (2005). Se realizó el néctar empleando 33,3% de JY como sustituto de la sacarosa hasta obtener una concentración final de sólidos de 13,5 °Brix siguiendo la NTC 5468 (ICONTEC, 2007). El néctar de mango (NM) fue evaluado sensorialmente, con una medición del grado de satisfacción. Se evaluaron color, aroma, sabor y textura, empleando una escala hedónica de 5 puntos y 8 jueces no entrenados.

Secado por atomización. El SA se realizó en un Spray Dryer (Pilotech, China). Las temperaturas de entrada fueron 100, 105,

110 y 130°C, a 5 bar de presión con temperatura de salida de 80°C. El material de recubrimiento fue maltodextrina y goma arábica en concentración del 30%, y se agregó 0,15% de anticompactante (FT). En los polvos se evaluó la a_w siguiendo el método AigOAC 978.18(AOAC, 1995) empleando un medidor (Aqualab, Decagon).

Rehidratación. El NM en polvo fue almacenado en recipientes de vidrio por 5 días, posteriormente se reconstituyó, incorporando el agua eliminada en el secado por atomización a 25 °C. Se evaluaron sólidos solubles totales (TSS) y vitamina C. Los TSS se midieron siguiendo el método AOAC 932.12 (AOAC, 1995) empleando un refractómetro (Hand Held 500 HRS, Atago, Bellevue, Washington). Para la vitamina C se utilizó el método de la 2-Nitroanilina (Bernal Ramirez, 1993).

Diseño experimental y análisis estadístico. Fue un diseño factorial aleatorio, los factores fueron concentración de maltodextrina (C1: 30% y C2: 50%M), adición de anticompactante (0 y 0,15% F) y temperatura de secado con 2 niveles (T1: 105 y T2: 130°C). El efecto de los factores analizados fue determinado por Análisis de Varianza (ANOVA) y comparación de medias a un nivel de significancia del 95%, empleando Statgraphics Centurion (Version 16.1.11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la evaluación sensorial del NM se encontró una aceptación en los parámetros evaluados por efecto del edulcorante a partir de JY (Ver Tabla 1), sin embargo estas diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$), excepto en el atributo sabor ($p < 0,05$) donde fue más aceptada la formulación con adición de JY. Estos resultados pueden ser generados por el sabor y color del yacón (similar al del mango), resultados similares se encontraron en a formulaciones de pan libre de gluten, donde la adición de FOS mejoró el sabor (Morais *et al.*, 2014). La A_w en los polvos obtenidos para los tratamientos fue inferior a 0,4, disminuyendo las posibilidades de alteraciones químicas y crecimiento microbiano en el almacenamiento.

Tabla 1. Análisis sensorial en néctar de mango edulcorado con yacón.

Tratamiento	Color	Aroma	Sabor	Textura
33% JY	3,820000 ^a	3,130000 ^a	3,820000 ^a	3,950000 ^a
Control	3,670000 ^a	3,170000 ^a	3,750000 ^b	3,710000 ^a
Test statistic	6,724070	2,504100	21,341500	5,324480
P-value	0,081230	0,474547	0,000089	0,149519
Promedio de tres réplicas, diferentes letras representan diferencias significativas $p < 0.05$ por Test Kruskal-Wallis.				

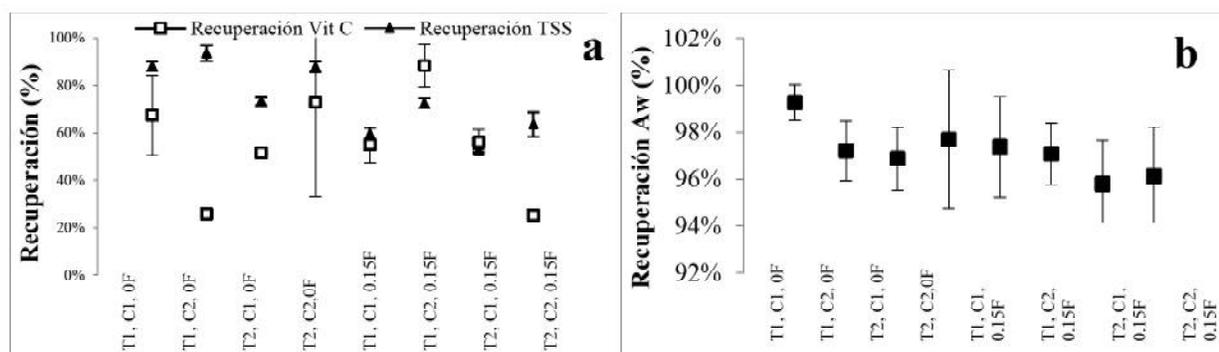


Figura 1. Procentaje de recuperación relativo de vitamina C, sólidos solubles totales (a) y actividad de agua (b) en NM reconstituido

En la Figura 1 se observa que no se alcanzan los sólidos solubles originales presentándose una pérdida de cerca del 38% en los tratamientos con anticompactante. En el caso de la actividad de agua aumenta en un 60% en general, mostrando un producto de fácil rehidratación, esto puede atribuirse al hecho de que la maltodextrina tiene alta solubilidad en el agua. Para la vitamina C, los tratamientos con alto contenido de encapsulante no afectan significativamente ($p > 0,05$) el contenido de esta, sin embargo en el NM líquido y almacenado a 10 °C la pérdida de vitamina C al segundo día de almacenamiento fue del 100%.

La concentración de maltodextrina, adición de anticompactante y temperatura de secado afectaron significativamente la recuperación de SST ($p < 0,05$), la actividad de agua y vitamina C no fueron afectados por los factores estudiados, sin embargo la vitamina C fue estadísticamente afectada por interacción de tercer orden en los factores (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza para Actividad de agua (Aw), Sólidos solubles totales (SST) y Vitamina C.

Fuente	GL	P Aw	P SST	P Vit C
Concentracion Maltodextrina	1	0,748	0,047	0,585
Anticompactante	1	0,141	0,000	0,848
Temperatura secado	1	0,169	0,007	0,788
Concentracion Maltodextrina * Anticompactante	1	0,646	0,309	0,408
Concentracion Maltodextrina * Temperatura secado	1	0,272	0,451	0,409
Anticompactante * Temperatura secado	1	0,837	0,886	0,026
Concentracion Maltodextrina * Anticompactante * Temperatura secado	1	0,483	0,507	0,000
Error	14			
Total	23			

CONCLUSIÓN

La encapsulación de néctar de mango y yacon, genera un producto con baja actividad de agua, fácilmente reconstruible, y de fácil transporte, lo que representa una opción de refresco natural.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, Arlington, VA., 1141 p.
- Bernal Ramirez, I. 1993. Análisis de alimentos, Guadalupe, 313 p.
- Campos, D., I. Betalleluz-Pallardel, R. Chirinos, A. Aguilar-Galvez, G. Noratto and R. Pedreschi., 2012. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity, *Food Chem*, [135], 3, 1592-1599.
- Cox, S., S. Gupta, N and Abu-Ghannam. 2012. Effect of different rehydration temperatures on the moisture, content of phenolic compounds, antioxidant capacity and textural properties of edible Irish brown seaweed, *LWT - Food Science and Technology* 47 (2): 300-307
- ICONTEC, 2007. Norma técnica Colombiana Zumos (jugos), néctares, purés (pulpas) y concentrados de frutas (Vol. NTC 5468, pp. 1-28). Bogotá: Icontec.
- Lachman, J, E.C. Fernández and M. Orsák. 2003. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and uses - a review, *Plant Soil Environ* 49(6): 283-290.
- Manrique, I., A. Párraga and M. Hermann. 2005. Jarabe de yacón: Principios y procesamiento, Lima, Perú, 31 p.
- Morais, E. C., A.G. Cruz, J.A.F. Faria and H.M.A. Bolini. 2014. Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking, *LWT - Food Science and Technology* 55(1): 248-254.
- Ordoñez, M. and A. Herrera. 2014. Morphologic and stability cassava starch matrices for encapsulating limonene by spray drying, *Powder Technology* 253: 89-97.
- Qian Shen, Siew Young Quek. 2013. Microencapsulation of astaxanthin with blends of milk protein and fiber by spray drying, *Journal of Food Engineering* 123: 165-171.
- Simonovska, B., I. Vovk, S. Andrenšek, K. Valentová and J. Ulrichová. 2003. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers, *Journal of Chromatography* 1016 (1): 89-98.

Impregnación al Vacío de Rodajas de Plátano (Dominico Hartón) con Calcio y Vitamina D

Vacuum Impregnation of Sliced Plantain (Dominico Hartón) with Calcium and Vitamin D

Danny Garzón Jiménez¹; Francisco Castellanos Galeano^{2*}; Misael Cortés Rodríguez³

¹ Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Maestría en Ingeniería de Alimentos.. Manizales, Colombia. <danny.2561322908@ucaldas.edu.co>

² Universidad de Caldas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. Manizales, Colombia. <francisco.castellanos@ucaldas.edu.co> *Autor corresponsal

³ Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín, Colombia. <misaalcotes@gmail.com>

Resumen. La ingeniería de matrices, hace uso de la impregnación a vacío (IV) para incorporar componentes con actividad fisiológica (CFA) al interior de la matriz porosa. El objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta de la IV del plátano, utilizando diferentes fuentes de calcio (lactato y cloruro) acompañados de vitamina D. El líquido de impregnación se diseñó a partir de una solución isotónica al plátano de NaCl (1%p/p) y cantidades adecuadas de los CFA, que permitiera teóricamente incorporar de ambos el 20% del valor diario recomendado (VDR) por 100 g de plátano fresco, conforme en la resolución 333 del 2011 del Ministerio de la Protección Social de Colombia. Los resultados obtenidos en cuanto a fracción volumétrica (X), porosidad efectiva (ϵ) y deformación volumétrica (γ) fueron de (4,5–6,3%), (23–31%) y (-17 – -24%), respectivamente. La técnica de IV representa un proceso efectivo para incrementar valor agregado al plátano verde, pudiendo ser utilizado en procesos posteriores como la fritura, para el desarrollo de snacks funcionales.

Palabras clave: Alimentos funcionales, ingeniería de matrices, plátano, calcio, vitamina D.

Abstract. Matrix engineering uses vacuum impregnation (IV) to incorporate physiologically active components (CFA) into the porous matrix. The aim of this study was to evaluate the response of plantain IV, using different sources of calcium (lactate and chloride) accompanied by vitamin D. The impregnation liquid is designed from an isotonic NaCl solution to the plantain (1%w/w) and suitable amounts of CFA that allows incorporate theoretically 20% of each one the recommended daily value (VDR) per 100 g of fresh plantain in accordance to resolution 333 of 2011 of the Ministry of Social Protection of Colombia. The results in terms of volume fraction (X), effective porosity (ϵ) and volumetric deformation (γ) were (4.5–6.3%), (23–31%) and (-17 – -24%) respectively. IV technique is an effective process to increase the added value to green plantains, also can be used in subsequent processes such as frying, for developing functional snacks.

Keys words: Functional foods, matrix engineering, plantain, calcium, vitamin D.

INTRODUCCIÓN

Dentro del sector agropecuario nacional, el plátano ocupa el tercer lugar con una producción anual de 3,326,910 t (FAOSTAT, 2012); además, Colombia es el primer productor de plátano en Latinoamérica y cuarto a nivel mundial. Un alimento funcional, es aquel que además de su valor nutritivo intrínseco, aporta algún efecto beneficioso para la salud pudiendo ser preventivo o terapéutico (Aguilera *et al.*, 2007). Un método empleado para el desarrollo de alimentos funcionales es la Ingeniería de matrices, proceso que provoca cambios en la matriz basados en la salida parcial de los gases o líquidos retenidos en la estructura porosa de la matriz alimentaria y su sustitución por un líquido externo. (Fito *et al.*, 2001). La ingeniería de matrices utiliza la técnica de impregnación al vacío para la incorporación del líquido externo, representando un vehículo de transporte de componentes con actividad fisiológica (CFA) como el calcio, pero para que su absorción sea efectiva en el intestino delgado, se requiere la presencia de la vitamina D. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de la IV en el plátano Dominico Hartón con líquidos de impregnación que contienen vitamina D y diferentes fuentes de calcio (lactato y cloruro de calcio), en términos de fracción volumétrica de impregnación (X) (m^3 solución impregnada/ m^3 muestra) y deformación volumétrica (m^3 de deformación de la muestra/ m^3 muestra) en la etapa al vacío y al final del proceso; además de la porosidad eficaz al proceso IV (m^3 de gas/ m^3 de muestra).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se utilizaron muestras de plátanos variedad Dominico Hartón (AAB) ($^{\circ}$ Brix < 10^o), en forma cilíndrica con un diámetro de $3,57 \pm 0,26$ cm y espesor o altura de 3 mm y con un contenido de agua de $58,7 \pm 3,2\%$. La disolución de

impregnación se diseñó a partir de una solución isotónica de NaCl (1% p/p), CaCl₂ granulado; C₆H₁₀CaO₆*5H₂O y Vitamina D3 marca BELLCHEM. El proceso de impregnación al vacío consistió en sumergir las muestras en el líquido de impregnación y someterlas a un vacío de 30,4 mmHg durante 5 minutos, posteriormente se restableció la presión atmosférica y se mantuvieron las muestras sumergidas por otros 5 minutos más; durante éste período se registraron los cambios de pesos, volúmenes de muestras y del líquido de impregnación, determinando la respuesta IV en términos de la fracción volumétrica de impregnación (X) (m³ solución impregnada/m³ muestra), deformación volumétrica de impregnación (γ) (m³ de deformación de la muestra/m³ muestra) al final del proceso; además de la porosidad eficaz ε (m³ de gas/m³ de muestra). La metodología y el cálculo de las variables respuesta IV ha sido descrito por Salvatori *et al.*, (1998). La determinación del contenido de CFA en el líquido de impregnación (Li) se calculó a partir de las ecuaciones 1 y 2, partiendo de un balance de materia solución-fruta (Cortes, 2004), donde los contenidos iniciales de calcio y vitamina D (X₀), se consideraron despreciables.

$$Y_{Li}^{CFA} = \frac{X_{CFA}^{IV} (r_{apm} + X r_{Li}) - X_0 r_{apm}}{X r_{Li}} \quad (1)$$

$$X_{CFA}^{IV} = \frac{\%VDR_{objetivo}}{\left(100 + 100 X \frac{r_{Li}}{r_{apm}}\right)} \quad (2)$$

Los criterios de fortificación por cada 100 g de plátano fresco se fijaron en un 20% del valor diario de referencia (VDR) para el calcio (200 mg) y la vitamina D (2 μg), según lo establecido en la resolución 333 del 2011 del Ministerio de la Protección Social de Colombia (Ministerio de la Protección Social, 2011). La densidad aparente del plátano (se determinó a partir de la relación de masa y el volumen desplazado por la muestra en una probeta y la densidad del líquido de impregnación (se determinó por el método del picnómetro a 20°C, según método oficial 945.06 (A.O.A.C, 1990). Se empleó un diseño multifactorial de efectos fijos con dos fuentes de calcio, Lactato (L) y Cloruro (C), siendo las formulaciones de los experimentos realizados los siguientes: 1) L20%-C80%, 2) L15%-C85%, 3) L10%-C90%, 4) L05%-C95%, 5) L0%-C100%. Los parámetros fueron analizados a partir de ANOVAS, utilizando LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples,

con un nivel de confianza del 95% (α=0,05). El análisis de varianza se realizó con el paquete estadístico SPAD v. VIII.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La Tabla 1 presenta los valores medios y sus desviaciones estándar de las densidades de los líquidos de impregnación y los parámetros de impregnación hallados. El ANOVA no presentó diferencias significativas (p>0,05) en X, y ε por efecto del factor fuente de calcio. Los altos valores de ε indican que el plátano cuenta con una excelente porosidad disponible a la IV, lo cual es favorable para la incorporación del líquido de impregnación con los CFA al interior de la estructura. Los resultados obtenidos de los parámetros de impregnación presentaron menores valores de X obtenidos con soluciones isotónicas de NaCl por Dávila Moreno (2010) lo cual se puede atribuir a la posible interacción entre los componentes pépticos de las paredes celulares con los iones de calcio, que tiende a gelificar la zona del poro; por otro lado, la mayor viscosidad de los líquidos de impregnación utilizados genera que haya una mayor caída de presión durante el ingreso del líquido al interior de los poros (Cortes, 2004). Se observa que el mecanismo hidrodinámico genera una importante contracción volumétrica en el plátano, debido al stress mecánico impuesto por los cambios de presión. Los valores de ε fueron favorables para el proceso de impregnación, alcanzando valores superiores a matrices porosas como la manzana (Cortés, 2004).

Tabla 1. Respuesta a la IV de plátano verde en función de formulaciones a base de lactato de calcio (L) y cloruro de calcio (C).

Formulación	ρ Li	Parámetros IV		
		X (%)	γ (%)	ε
L20%-C80%	1,098±0,013	4,946±0,426	-19,071±1,451	24,885±1,713
L15%-C85%	1,093±0,010	5,951±0,381	-19,999±1,437	26,847±1,287
L10%-C90%	1,089±0,001	5,651±0,495	-18,103±1,338	24,553±0,883
L05%-C95%	1,088±0,003	5,348±1,306	-19,178±1,866	25,369±2,150
L0%-C100%	1,117±0,034	5,236±2,056	-20,445±3,277	26,496±4,360

CONCLUSIÓN

Ya que la fuente de calcio no es un factor relevante en la impregnación, resulta más conveniente utilizar cloruro de calcio, debido a que esta forma química no presenta mayores limitaciones de solubilidad. La técnica de IV representa un proceso efectivo para incrementar valor agregado al plátano

verde, pudiendo ser utilizado en procesos posteriores como la fritura, para el desarrollo de snacks funcionales.

BIBLIOGRAFÍA.

- A.O.A.C. 1990. International Official Methods of analysis of AOAC.: Arlington, Virginia, USA.
- Aguilera, M.C., J.M. Barberá y L.E. Díaz. 2007. Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Madrid. 235 p.
- Cortes, M. 2004. Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E. Tesis Doctoral. Departamento de tecnología de alimentos, Universidad Politécnica de Valencia: Valencia - España.
- Dávila, R.M. 2010. Aplicación de la ingeniería de matrices en el desarrollo de plátano (*Musa paradisiaca*) verde mínimamente procesado. Tesis de Maestría. Facultad

- de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia: Medellín. 109 p.
- FAOSTAT. (2012). Top producción agrícola - Colombia. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>; consulta: febrero 2014.
- Fito P, A. Chiralt, J.M. Barat, A. Andrés, J. Martínez and N. Martínez. 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49(4): 297-302.
- Ministerio de la Protección Social. 2011. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano: Bogotá.
- Salvatori D., A. Andrés, A. Chiralt and P.Fito. 1998. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of food process engineering*, 21(1): 59-76.

Determinación del Contenido de β -caroteno en Feijoa y Guayaba Agría en Dos Estados de Madurez

Determination of β -carotene in Feijoa and Sour Guava in Two States of Maturity

Melisa S. Longo¹, Lina María García Rivera^{2*}, Andrea Milena Sánchez Riaño², Henry Alexander Váquiro Herrera³ y José Fernando Solanilla Duque⁴

- 1 Estudiante Licenciatura en Biodiversidad. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Humanidades y Ciencias. Santa Fe, Argentina. <melisalongo@gmail.com>
- 2 Estudiante Maestría en Ciencias Agroalimentarias. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. *<imgarcia@ut.edu.do>
- 3 Profesor asistente. Universidad del Tolima. Departamento de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima.
- 4 Profesor asociado. Universidad del Tolima. Departamento de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ingeniería Agronómica.

Resumen. Este estudio determinó el contenido de β -caroteno en muestras liofilizadas de pulpa y cáscara de feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) y guayaba agria (*Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg.) Niedenzu), en dos estados de madurez (verde y maduro) para reconocer las condiciones en las que hay aportes significativos de provitamina A. La cuantificación se realizó por espectrofotometría a extractos de β -caroteno en hexano, expresando los datos en μg de β -caroteno por gramo de muestra liofilizada (μg β -C/g mL). Los resultados obtenidos para pulpa y cáscara de feijoa verde ($5,30 \pm 0,4$ μg β -C/g mL, $36,3 \pm 1,2$ μg β -C/g mL) y madura ($3,70 \pm 0,1$ μg β -C/g mL, $44,60 \pm 2,7$ μg β -C/g mL), así como para guayaba agria verde ($2,40 \pm 0,2$ μg β -C/g mL, $26,3 \pm 1,3$ μg β -C/g mL) y madura ($3,7 \pm 0,4$ μg β -C/g mL, $13,1 \pm 0,8$ μg β -C/g mL), no presentaron diferencias significativas. El mayor aporte de β -caroteno se da en la cáscara por el alto contenido de extracto etéreo y tejidos fotosintéticos. Asimismo, el

comportamiento a través de los estados de madurez varía en función a los cambios estructurales relacionado con la celulosa y los cloroplastos.

Palabras clave: Provitamina A, myrtaceae, espectrofotometría, liofilizado, pulpa, cáscara.

Abstract. The content of β -carotene in lyophilized samples of pulp and peel of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) and sour guava (*Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg.) Niedenzu) was determined at two maturity stages (green and ripe stage), in order to recognize the conditions in which there are significant contribution of provitamin A. The quantification was performed by spectrophotometry to hexane extracts of β -carotene. Data were expressed as μg β -carotene per gram of lyophilized sample (μg β -C/g mL). Results obtained revealed no significant differences for green (5.3 ± 0.4 μg β -C/g mL, 36.3 ± 1.2 μg β -C/g mL) and mature (3.7 ± 0.1 μg

β -C/g mL, $44.6 \pm 2.7 \mu\text{g } \beta\text{-C/g mL}$) feijoa pulp and peel, as well as for green ($2.4 \pm 0.2 \mu\text{g } \beta\text{-C/g mL}$, $26.3 \pm 1.3 \mu\text{g } \beta\text{-C/g mL}$) and mature ($3.7 \pm 0.4 \mu\text{g } \beta\text{-C/g mL}$, $13.1 \pm 0.8 \mu\text{g } \beta\text{-C/g mL}$) sour guava. The highest concentration of β -carotene was in the peel due to the high content of ether extract and photosynthetic tissues. Likewise, during the maturity stages the fruit behavior varies according to structural changes associated with cellulose and chloroplasts.

Key words: Provitamin A, myrtaceae, spectrophotometry, lyophilized, pulp, peel.

INTRODUCCIÓN

La tendencia de consumo en alimentos se dirige a productos naturales como las vitaminas por su aporte antioxidante y nutricional. La vitamina A tiene compuestos con actividad biológica del retinol (Ross y Harrison, 2010) y no se encuentra directamente en tejidos vegetales, por lo que en las frutas, precursores de vitamina A como el β -caroteno (β -C) forman retinol y contribuye a la prevención de enfermedades (Chen *et al.*, 2014).

La feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) y la guayaba agria (*Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg.) Niedenzu), muestran tener potencial antioxidante y nutricional, lo que ha motivado el interés por su investigación. Este estudio busca determinar el contenido de β -caroteno en muestras liofilizadas de pulpa y cáscara de feijoa y guayaba agria en dos estados de madurez (verde y maduro) para identificar condiciones en las que hay aportes significativos de provitamina A.

Tabla 1. Contenido de β -caroteno en pulpa y cáscara de feijoa y guayaba agria.

Feijoa			
FVP	FVC	FMP	FMC
$\mu\text{g } \beta\text{-C/g ML}$			
$5.3a \pm 0.4$	$36.3a \pm 1.2$	$3.7a \pm 0.1$	$44.6a \pm 2.7$
Guayaba Agria			
GVP	GVC	GMP	GMC
$\mu\text{g } \beta\text{-C/g ML}$			
$2.4a \pm 0.2$	$26.3a \pm 1.3$	$3.7a \pm 0.4$	$13.1a \pm 0.8$

Valor promedio $n=3$ SD. Superíndices en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

MATERIALES Y MÉTODOS

Acondicionamiento de la muestra. Se seleccionaron frutos de feijoa (F) y guayaba agria (G) de la Vega (Cundinamarca) y la Unión (Valle del Cauca), respectivamente, en estado verde (V) y maduro (M). Las muestras de pulpa (P) y cáscara (C) se liofilizaron para preservar sus propiedades bioactivas (Ziyatdinova *et al.*, 2012) y posteriormente se redujo el tamaño de partícula a $0.1 \mu\text{m}$.

Determinación. De acuerdo a la metodología propuesta por Sanusi y Debiyi (2009) con modificaciones, se tomó por triplicado 0,3g de muestra liofilizada, se adicionó 3 ml de butilhidroxitolueno (BHT) etanólico y se agitó antes de llevar a baño térmico a 85°C (5 min) Luego, se agregó 0.25 ml de hidróxido de potasio al 80%, agitando antes de llevar a baño térmico a 85°C (10 min). A continuación, se agitó y se llevó a baño de hielo donde se agregó 1,5 ml de agua fría des-ionizada y 1,5 ml de hexano. Después se centrifugó a 3900 rpm (12 min), separando el sobrenadante. Se repitió dos veces más la extracción desde la adición del hexano. El sobrenadante, se leyó por absorbancia a 450 nm (Espectrofotómetro Genesys 10S UV-vis Thermo Scientific, EE.UU.), expresando los resultados en μg de β -caroteno por gramo de muestra liofilizada ($\mu\text{g } \beta\text{-C/g ML}$). La curva patrón se preparó en hexano a partir de β -caroteno UV tipo 1 (10G) de químicos SIGMA, partiendo de una solución stock de $100 \mu\text{g/ml}$. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y prueba múltiple de rangos (diferencia mínima significativa de Fisher), con el 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1. El contenido de β -caroteno es más alto en F que en G, lo cual es coherente con lo reportado por García *et al.*, (2014). Sin embargo, es clara la diferencia de β -caroteno entre pulpa y cáscara de los dos frutos, dado que los mayores aportes se registran en FMC, FVC, GVC y GMC, tal como se ve en la figura 1. Esto se atribuye a que en la mayoría de los frutos, el contenido de extracto etereo se concentra en la cáscara (Weston, 2010), favoreciendo la acumulación de compuestos lipofílicos en dicha matriz. Asimismo, al tratarse de un tejido fotosintético, el β -caroteno existente en la cáscara tiende a ser enmascarado por la clorofila, permitiendo su conservación (Meléndez *et al.*, 2004). Por su parte, el β -caroteno cuantificado en pulpa de ambos frutos representa una mínima proporción respecto a la

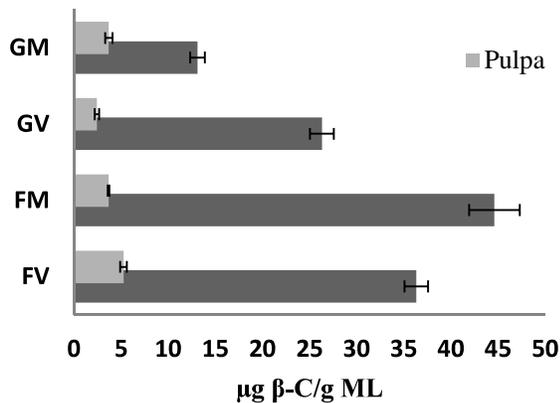


Figura 1. Contenido de β-caroteno en pulpa y cáscara de estado verde y maduro

cáscara, debido al bajo contenido de extracto etéreo y tejidos fotosintéticos en la pulpa.

Ahora bien, la variación de β-caroteno entre los estados de madurez es diferente en F y G, incluso cuando no hay diferencias significativas entre las muestras ($p \geq 0,05$). Esto se atribuye a cambios estructurales del fruto, dado que en matrices vegetales el β-caroteno también está asociado a celulosa y cloroplastos (Ross y Harrison, 2010). Por consiguiente, la reducción de fibra bruta (FB) y fibra detergente neutra (FDN) entre FV y FM (datos no mostrados), favorece la liberación y degradación de β-caroteno al interior del fruto, lo que sustenta la reducción entre FVP y FMP.

No obstante, la disminución de FB y FDN en G (Datos no mostrados) es leve y favorece el apantallamiento de β-caroteno por estructuras de celulosa obtenidas tras la degradación de la lignina en el proceso de maduración, a la vez que se expresa la pigmentación característica de este carotenoide (Li *et al.*, 2012). De ahí que $GMP > GVP$.

CONCLUSIÓN

Los resultados muestran mayor aporte de β-caroteno en cáscara de feijoa y guayaba agria, debido a la incidencia del contenido

de extracto etéreo y los tejidos fotosintéticos en cada parte del fruto. Asimismo, los cambios estructurales relacionados con la celulosa y los cloroplastos determinan la variación de β-caroteno en la maduración del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Chen, L., G. Bai, R. Yang, J. Zang, T. Zhou and G. Zhao. 2014. Encapsulation of β-carotene within ferritin nanocages greatly increases its water-solubility and thermal stability. *Food chemistry* 149: 307-312.
- García Rivera., L.M., A.M. Sánchez Riaño, H.A. Váquiro Herrera y J.F. Solanilla Duque. 2014. Valoración del contenido de vitamina C y β-caroteno en guayaba agria y feijoa en diferentes estadios de madurez. p. 312. En: Libro de resúmenes. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos CIBIA9. Universitat Politècnica de València. Valencia (España).
- Li, Z., X. Ma, A. Li and C. Zhang. 2012. A novel potential source of β-carotene: *Eustigmatos cf. polyphem* (Eustigmatophyceae) and pilot β-carotene production in bubble column and flat panel photobioreactors. *Bioresource Technology* 117: 257-263
- Meléndez-Martínez, A., I. Vicario and F. Heredia. 2004. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *ALAN* 54(2): 149-154.
- Ross, A.C. and E.H., Harrison. 2010. Chapter 1 Vitamin A: Nutritional Aspects of Retinoids and Carotenoids, pp. 1-40. En: Rucker, R.B., J., Zemleni, J.W., Suttie and D.B., McCormick (Eds.). *Handbook of vitamins*. 4th Edition. CRC Press, New York, 593 p.
- Sanusi, R.A. and A.E. Debiyi. 2009. Beta carotene content of commonly consumed foods and soups in Nigeria. *Pakistan journal of nutrition* 8(9): 1512-1516.
- Weston, R.J. 2010. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. *Food Chemistry* 121(4): 923-926.
- Ziyatdinova, G., E. Ziganshina and H. Budnikov. 2012. Voltammetric determination of b-carotene in raw vegetables and berries in Triton X100 media. *Talanta* 99: 1024-102.

Determinación Cuantitativa de Vitamina C en Tomate Chonto (*Lycopersicum Esculentum*)

Quantitative Determination of Vitamin C in Chonto Tomato (*Lycopersicum Esculentum*)

García Giraldo Irma María¹; Reyes Pineda Henry²

1 Químico Puro. Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental. irmaquimk@hotmail.com

2 Ingeniero Químico. Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental. hreyes@uniquindio.edu.cc

Resumen. En la actualidad la importancia de los antioxidantes como la vitamina C aumenta su relevancia por los efectos que tiene en la salud humana. Teniendo en cuenta esto, la investigación fue realizada con muestras de tomate chonto en la etapa de pos-cosecha en el municipio de Filandia, Quindío, efectuándose la caracterización físico-química: Potencial de hidrógeno (pH), sólidos solubles (°Brix), actividad de agua (aw), color, acidez. Se utilizó la técnica de Espectrofotometría, UV-Visible para cuantificar la vitamina C. Con los datos obtenidos se concluye que: a) la aw está muy cercana al valor teórico permitiendo establecer que este tomate tiene una textura más jugosa, tierna y masticable b) los °brix obtenidos nos indican la cantidad de sólidos solubles disueltos presentes en el tomate chonto c) el potencial de hidrógeno nos indica la gran acidez del tomate, demostrada posteriormente con los valores de la acidez titulable d) los resultados del color también reflejaron un tomate saludable rico en nutrientes; se tomó como referencia los grados de coloración en la madurez del tomate descritos en la NTC 1103-1 e) los análisis espectrofotométricos nos permitieron saber la concentración de vitamina C en el tomate chonto. Esta investigación se hace con el fin de determinar la capacidad antioxidante del tomate chonto y así darle un valor agregado al producto.

Palabras clave: Electroquímica, tomate, espectrofotometría Uv-Visible, vitamina C.

Abstract. Today the importance of antioxidants such as vitamin C increases its relevance for the effects in human health. Considering this, a research was carried out with tomato chonto samples on postharvest stage in the town of Filandia, Quindío; and physicochemical characterization: potential of hydrogen (pH), soluble solids (° Brix), water activity (aw), color, and acidity was carried out. It was used UV- Visible spectrophotometry technique to quantify vitamin C. Findings to be concluded that: a) the aw is very close to the theoretical value; therefore, is possible to establish that this tomato has a juicy texture, tender and chewy b) °Brix obtained indicate the amount of soluble solids present in the chonto tomato c) Potential hydrogen indicates the high acidity of the tomato, subsequently demonstrated with

the titratable acidity values. d) Color results also showed a nutrient rich and healthy tomato; reference was made to the degrees of coloration in tomato maturity described in ISO 1103-1. e) Spectrophotometric analysis allowed us to know the concentration of vitamin C in tomatoes. This research is done in order to determine the antioxidant capacity of tomato chonto and to give added value to the product

Key words: Electrochemical, tomato, UV-Visible spectrophotometer, vitamin C.

INTRODUCCIÓN

Las vitaminas constituyen un factor muy importante en la salud humana, gracias a su capacidad antioxidante y las virtudes que cumplen en funciones específicas dentro del organismo. Teniendo en cuenta que el efecto de la globalización en la actualidad genera estrés en la mayoría de personas, (Euroresidentes, 2012) estas sustancias químicas se vuelven esenciales en la prevención de múltiples enfermedades de tipo cardiovascular, envejecimiento prematuro, cáncer y demás que ponen en riesgo la vida (Leubolt, 1993). Por esta razón el fruto como el tomate chonto (*Lycopersicum esculentum*) frecuentemente cultivado en el Quindío, resulta ser muy rico en L- ácido ascórbico, por lo cual centra nuestra atención debido a la importancia de la cuantificación de este componente para el beneficio de los consumidores (Consumer, 2010).

El objetivo de esta investigación es caracterizar los parámetros físicoquímicos del tomate chonto y la determinación de vitamina C por Espectrofotometría UV-Visible. (Barros, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la caracterización físico-química se recolectaron las muestras del tomate chonto en un sector cercano al municipio de Filandia Quindío en la etapa de pos-cosecha, en este caso se escogió el tomate maduro dado que en esta etapa de madurez tiene mayores índices de antioxidantes, se escogieron tomates saludables teniendo en cuenta la NTC 1103-1; posteriormente se le determinaron los siguientes parámetros a la pulpa del

tomate: actividad de agua (aw), potencial de hidrógeno (pH), °Brix, color y acidez titulable. Para cada uno de las variables medidas se tomaron 9 tomates de forma aleatoria y se dividieron en tres bloques los cuales fueron escogidos completamente al azar. Por último los análisis espectrofotométricos se calcularon por el Método Colorimétrico de la 2-Nitroanilina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 encontramos todos los valores promedio de cada uno de los análisis fisicoquímicos realizados a la pulpa del tomate chonto.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de la pulpa del tomate chonto.

Parámetros Fisicoquímicos	
Valores promedio	
aw	0,988
°Brix	8,5
PH	4,44

La actividad de agua (aw) es la cantidad de agua libre en el alimento, disponible para el crecimiento de microorganismos y diferentes reacciones químicas. Tiene un valor máximo de 1 y un valor mínimo de 0. (Artes y Artes-Hernandez, 2004). Por lo tanto los datos obtenidos nos indican valores de actividad de agua altos, otorgándole a este fruto una textura muy jugosa y tierna, sin embargo con probabilidad de ataque de ciertos microorganismos, lo cual puede ser contralado con simples técnicas como la refrigeración.

Los grados Brix tienen que ver con la madurez y el valor nutritivo de los frutos; así los valores de los sólidos solubles nos demuestra que el tomate chonto posee un alto grado de madurez y es un fruto sano y nutritivo (Artes y Artes-Hernandez, 2004).

Para la determinación del color los valores positivos de (a) muestran el grado de coloración del tomate, es decir, las grandes proporciones de licopeno, lo que señala que la maduración del tomate chonto analizado tiende a los rojizos. Los valores de (L) tienden a disminuir de la escala de 0-100, indicando un oscurecimiento o disminución de la luminosidad causado por la síntesis de los pigmentos rojos. La coordenada (b) también mostró valores pequeños debido a la disminución del color naranja y la aparición del color rojo.

Los resultados del pH demostraron la gran acidez del fruto debido al estado de madurez en el que se encontraba y las síntesis químicas que ocurrieron en esta etapa de maduración.

Los valores de acidez indicaron que el tomate posee 0,25% de ácidos libres, en este caso el ácido ascórbico que es el más abundante en este fruto.

El análisis espectrofotométrico Uv-Visible se realizó para determinar las concentraciones de vitamina C presentes en el tomate chonto.

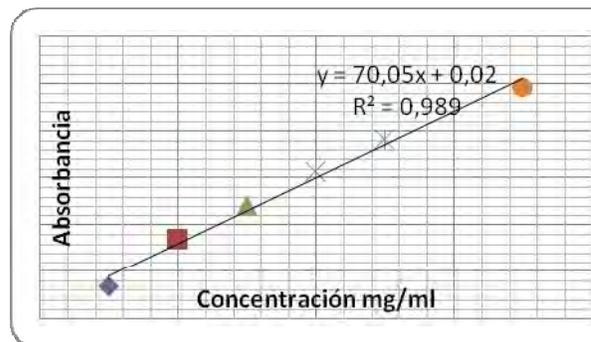


Figura. 1 Curva de calibración de la vitamina C.

En la Tabla 4, observamos los valores de la desviación estándar con respecto a la concentración de ácido ascórbico presentes en la pulpa del tomate chonto.

Tabla 4. Valores de desviación estándar y concentración de ácido ascórbico

	Acido Ascórbico	
	Promedio ± Desviación Estandar	Concentración (mg/ml)
Tomate 1	0,07592	0,0010
Tomate 2	0,07665	0,0015
Tomate 3	0,08070	0,0010
Tomate 4	0,06199	0,0015
Tomate 5	0,08409	0,0015

CONCLUSIÓN

Los parámetros de caracterización físico-químicos analizados han demostrado que el tomate chonto es un alimento rico en vitaminas con respecto a otros tomates como el milano, posee una textura más jugosa tierna y masticable. También se pudo establecer que en la etapa de madurez analizada había un buen contenido de ácidos libres como el ácido ascórbico.

El análisis espectrofotométrico Uv-Visible, permitió cuantificar las concentraciones de ácido ascórbico presentes en el jugo de tomate chonto, de esta manera se pudo establecer que en la pulpa de esta hortaliza hay concentraciones entre 0,001 y 0,0015 mg/mL de vitamina C. En estudios posteriores se analizará la capacidad antioxidante del tomate chonto por

métodos electroquímicos como la voltamperometría y se comparará con la espectrofotometría Uv-Visible ya analizada, para así determinar cuál es el mejor método de análisis cuantitativo para este fruto típico del Quindío.

BIBLIOGRAFIA

- Consumer, E. *Eroski Consumer Guía de Hortalizas y Verduras*. Recuperado el 4 de Enero de 2014, de Eroski Consumer Guía de Hortalizas y Verduras: En: <http://www.verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/tomate/intro.php>; consulta:10 de Octubre de 2010.
- Euroresidentes. *Euroresidentes Alimentos-Vitamina E*. Recuperado el 15 de Junio de 2013, de Euroresidentes Alimentos-Vitamina En: http://www.euroresidentes.com/alimentos/vitaminas/vitamina_e.htm ; consulta:20 de Noviembre de 2012.
- Artes F. y F, Artes-Hernandez. 2004. Tratamientos de Postrecolección del Tomate Fresco. España: Ediciones de Horticultura S.L. Reus.
- Barros L., .S. Falcao, P. Baptista, C Freire, M. Vilas, I. Ferreira. 2008. Antioxidant activity of agaricus sp. Mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food Chemistry*, 111, 61-66.
- Leubolt R. 1993. Determination of sulphite and ascorbic acid by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *J. chromatography*, 271-277.

Obtención del Extracto de L-citrulina Procedente de Corteza de Sandía Utilizando Líquido Presurizado

L-Citrulline Extracts Obtaining from Watermelon Rind by Using Pressurized Liquid

Ricardo Durán Barón¹, Maria E. Villegas¹, Ibeth K. Nieves¹, Alessandra Lopes de Oliveira² y Luis J. Perez²

¹ Grupo Optimización Agroindustrial, Universidad Popular del Cesar, Facultad de Ingeniería y Tecnología. Bloque F Laboratorio 201. Sede Sabanas. ricadu6@yahoo.es

² Laboratorio alta presión y productos naturales. Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga, SP, Brasil.CEP 13635-900. E- mail: luchop283@usp.br

Resumen. Se evaluaron las mejores condiciones de extracción de L-citrulina a partir de la corteza de sandía, variedad santa Amelia, utilizando la técnica de extracción con líquido presurizado (PLE), la identificación del aminoácido (AA) se realizó por cromatografía de capa fina. Se utilizó un diseño experimental factorial²³, para analizar el efecto de la temperatura (T), tiempo (t) y concentración del solvente (S) (con tres repeticiones en el punto central). Las extracciones fueron realizadas a 1500 psi (tres ciclos) con N₂ y etanol (co-solvente). La variable T tuvo el mayor efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) sobre el rendimiento de la extracción, seguido de S. La variable t y la interacción T-t no tuvieron ningún efecto significativo ($p > 0,05$). Un modelo de primer orden representó los puntos del diseño experimental con un R² de 99,87%. El mayor rendimiento de extracción se obtuvo a 70°C y 80%(v/v) de S.

Palabras clave: Sandía, PLE, aminoácido, cromatografía de capa fina, etanol.

Abstract. The best conditions of L-citrulline extraction from water melon rind, variety santa Amelia were evaluated using pressurized liquid extraction (PLE) technique. The identification of aminoacid (AA) was performed by thin layer chromatography. It was used a experimental design, factorial²³, to analyze the effect of Temperature (T), time

(t) and concentration of the solvent (S) with three replicates at the center point. The extractions were done to 1500 psi (three cycles) with N₂ and ethanol (co-solvent). The variable (T) had the greatest statistically significant effect ($p < 0.05$) on the yield of the extraction, followed by S. The variable t and interaction T-t had no significant effect ($p > 0.05$). A first order model represented the points of experimental design with R² of 99.87%. The highest extraction yield was obtained to 70° C and 80% (v/v) of S.

Key words: Sandia, PLE, aminoacid, thin layer chromatography, solvent, ethanol.

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus*), es una fruta con alto contenido de antioxidantes, licopeno y un aminoácido no proteico llamado L-citrulina presente en el jugo y la cáscara de la fruta (Jayaprakasha *et al.*, 2011), el cual es un fuerte antioxidante, utilizado como vasodilatador para reducir la fatiga, dolores musculares (Tarazona *et al.*, 2011), nutricional para ancianos y personas con problemas cardiovasculares (Piñeiro *et al.*, 2010). Se han utilizado métodos de extracción directa con mezclas metanol:agua y etanol:agua:ácido acético (Gomes y Rosa, 2001), los cuales se tornan ofensivos con el medio ambiente y

la seguridad por la residualidad del solvente. Actualmente, se utiliza PLE en la extracción de AA, en hojas de camelia (Chul *et al.*, 2012), entre otras; sin embargo son escasos los estudios sobre la extracción del aminoácido L-citrulina en sandías por el método de líquido presurizado. PLE proporciona tiempo cortos y condiciones suaves de extracción, mayor rendimiento y menos impurezas, temperatura encima del punto de ebullición (80-200°C) que aumenta la solubilidad, la tasa de difusión y la transferencia de masa (Jun *et al.*, 2011). En este contexto, la investigación se enfoca a determinar las mejores condiciones de extracción de L-citrulina utilizando PLE, la presencia de L-citrulina se realiza por CCF que permite el análisis simultáneo de muestras en tiempo corto, para bajos límites de detección (Hodisan *et al.*, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cascaras fueron colectadas aleatoriamente de cinco diferentes puntos de comercialización de la ciudad Valledupar, lavadas y retirada la parte verde que recubre la corteza (parte blanca) conocida como piel (2 mm de espesor). La corteza fue cortada (3x3cm), liofilizada (-25°C/14h) hasta 2% de humedad, molidas (Molino de láminas, Marconi, MA340) y tamizadas en malla Mesh 48(300µm). 10 g de corteza colocadas en una celda de acero inoxidable fue insertada en el equipo de extracción *Accelerated Solvent Extractor* (ASE) Dionex 150 (Thermo Scientific, Texas, USA). Las extracciones se realizaron según diseño experimental factorial 2³, con tres repeticiones en el punto central, utilizando N₂ y etanol (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz del delineamiento del proceso de extracción con líquido presurizado.

Ensayos	Valores Codificado			Valores Reales		
	Temperatura °C	Solvente %	Tiempo min	Temperatura °C	Solvente %	Tiempo Min
1	-1	-1	-1	40	80	4
2	+1	-1	-1	70	80	4
3	-1	+1	-1	40	100	4
4	+1	+1	-1	70	100	4
5	-1	-1	+1	40	80	8
6	+1	-1	+1	70	80	8
7	-1	+1	+1	40	100	8
8	+1	+1	+1	70	100	8
9*	0	0	0	55	90	6
10*	0	0	0	55	90	6
11*	0	0	0	55	90	6

*repeticiones en el punto central.

El extracto se secó en un concentrador evaporador TE-019, TECNAL por calentamiento e inyección de nitrógeno hasta peso constante. El rendimiento se calculó según la Ecuación 1.

$$\%Re = \frac{Pe(g)}{Pa(g)} \times 100 \quad (1)$$

Ec.1 Siendo Pe peso del extracto seco (g)
y Pa peso inicial de muestra (g)

Se utilizó L-citrulina (pureza >98%, Sigma-Aldrich) como patrón de referencia; fase móvil (fm) (Ácido acético:agua desionizada), fase estacionaria (placas de sílica gel 60 F₂₅₄ Merk) y solución de ninhidrina como revelador. La fase móvil y la estacionaria se colocaron en la cuba de cromatografía (1-2 h). La placa se secó con aire caliente, se aplicó el revelador en forma de spray y se secó con pistola térmica (Davis *et al.*, 2011). Las distancias de los puntos revelados permitieron calcular el valor de Rf de acuerdo con la Ecuación 2.

$$Rf = \frac{d_A}{d_{fm}} \quad (2)$$

siendo d_A distancia recorrida por la muestra y
d_{fm} distancia recorrida por fm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor rendimiento (19,44%) se obtuvo a 70°C, 80% (v/v) de solvente y 4 min; seguido por el rendimiento (18,79%) para 70°C, 100% (v/v) de solvente y 8 min. Estos valores se encuentran dentro del rango de extracción de 11,2–33,4% en peso seco, obtenidos por Tarazona *et al.*, (2011); Jayaprakasha *et al.*, (2011) y Rimando y Perkins-Veazie (2005).

Los factores estadísticamente significativos (p < 0,05), sobre el rendimiento (%) fueron T, S y la interacción T-S y t-S. La curvatura no presentó significancia estadística (p > 0,05), indicando que el modelo de primer orden representa los puntos experimentales y los datos se ajustan a una superficie plana, con un R² de 99,87%. La Ecuación 3, describe el rendimiento de extracción del modelo, con los términos significativos, siendo la T de mayor efecto positivo sobre S. Existe un efecto positivo entre la interacción S-T y negativo entre la interacción T-S.

$$Rendimiento(\%) = 13.58 + 4.98T + 0.47S - 0.86TS + 0.64St \quad (3)$$

Mediante CCF, se observó que el comportamiento de los extractos fue semejante en todos los ensayos y similar a la Citrulina patrón, confirmando la presencia del aminoácido L-citrulina. Los puntos más pronunciados se lograron a mayores

niveles de temperatura, siendo un indicativo de mayores concentraciones de L-citrulina. El valor de Rf obtenido fue de $0,387 \pm 0.01$.

CONCLUSIÓN

Es posible extraer L-citrulina por PLE con etanol como co-solvente y determinar su presencia por CCF obteniendo un Rf de $0,387 \pm 0.01$. Las variables que influyen en la extracción son temperatura y solvente, obteniendo los mejores rendimientos a 70°C , 80%(v/v) de solvente, 4 min, que son concordantes con los colores más fuertes de los CCF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chul, G., H. Keun, P. Chung, J. Woo, B. Tae and C. Bum. 2012. Correlation of increased antioxidation with the phenolic compound and amino acids contents of *Camellia sinensis* leaf extracts following ultra-high pressure extraction. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 18(2): 623-628.
- Davis, A., L. Charles, I. Webber, W. Fish, T. Wenher, S. King and P. Perkins- Veazie. 2011. L-Citrulline Levels in Water melon Cultigens Tested in Two Environments. *Hort science* 46(12): 1572-1575.
- Gomes, M. and E. Rosa. 2001. Free aminoacid composition in primary and secondary in florescences of 11 broccoli (*Brassica oleracea varitalica*) cultivars and its variation between growing seasons. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(3): 295-299.
- Hodisan, T., M. Culea, C. Cimpoiu and A. Cot. 1998. Separation, identification and quantitative determination of free aminoacids from plant extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 18: 319-323.
- Jayaprakasha, G., K. Chidambara and B.S. Patil. 2011. Rapid HPLC-UV method for quantification of L-citrulline in water melon and its potential role on smooth muscle relaxation markers. *Food Chemistry* 127: 240-248.
- Jun, X., S. Deji, L. Ye and Z. Rui. 2011. Comparison of in vitro antioxidant activities and bioactive components of green tea extracts by different extraction methods. *International Journal of Pharmaceutics* 408(1): 97-101.
- Piñero, V., A. Ortiz-Moreno, R. Mora-Escobedo, M. D. Hernandez-Navarro, G. Ceballos-Reyes and G. Chamorro-Cevallos. 2010. Effect of L-arginine oral supplementation on response to myocardial infraction in hypercholesterolemic and hypertensive rats. *Plant Foods Human Nutrition* 65(1): 31-37.
- Rimando, A. and P. Perkins-Veazie. 2005. Determination of citrulline in watermelon rind. *Journal of Chromatography A* 1078(1): 196-200.
- Tarazona, M., J. Viegas, S. Moldao-Martin and E. Aguayo. 2011. Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut water melon cultivares. *Science of Food and Agriculture* 91(5): 805-812.

Sustitucion de Harina de Trigo por Banano Bocadillo (*musaacuminata*) y Adición de Inulina en Masas para Galletas

Wheat Flour Replacement for Banana Bocadillo (Musaacuminata) and Inuline Addition in Cookie Dough

Mónica Esperanza Meza Gonzalez¹; Angelica María Galvis Gonzalez¹; Olga Lucía Torres Vargas².

¹ Ingeniera de Alimentos, Grupo de Investigación en Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío

² Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia oltorres@uniquindio.edu.co

Resumen. Como una alternativa a las pérdidas generadas en la postcosecha de banano bocadillo fresco (*Musa acuminata*) BB en el Departamento del Quindío; el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto en las características químicas, texturales y termogravimétricas TGA, al sustituir el contenido de harina de trigo por BB fresco MB-10%, MB-15% y MB-30% (gr/gr) y adición de INL en masas para galletas. Los resultados indicaron un efecto significativo en el porcentaje de sustitución de harina de trigo por BB con un aumento en la humedad y la fibra y una disminución en la dureza de las masas, el análisis de TGA no indico diferencias significativas

entre las masas con sustitución de harina de trigo por BB e INL pero si entre estas y la masa de BB (MB). Los resultados obtenidos generan una alternativa posible en la diversificación industrial del BB producido en el Departamento del Quindío.

Palabras claves: Banano bocadillo, masa para galletas, inulina, análisis termogravimétrico.

Abstract. As an alternative to post-harvest losses in banana bocadillo (*Musa acuminata*) BB in the Department of Quindío, the present study aims to determine the effect on the chemical, textural and thermogravimetric TGA, replacing the

content of flour by BB fresh MB-10%, MB-15% and MB-30 % (g/g) and adding in cookie dough INL. The results indicated a significant effect on the degree of substitution by BB flour with increased moisture and fiber, and a decrease in the hardness of the masses. TGA analysis indicated no significant difference between the masses by replacing flour BB and INL but between these and the mass of BB (MB). The results generate a possible alternative in industrial diversification BB produced in the Department of Quindío.

Key words: *Banano bocadillo, cookie dough, inulin, thermogravimetric analysis.*

INTRODUCCIÓN

El BB, es una especie que pertenece a la familia de las *Musácease* cultiva por campesinos en varias regiones del país; es una fuente alternativa de hidratos de carbono no digeribles y antioxidantes, que lo potencian como un alimento energético que hacen necesaria su inclusión en la dieta humana (Amórtegui *et al.*; 2012). Con el propósito de formular alimentos saludables e innovadores, se han realizado investigaciones para establecer los efectos que podrían producir el sustituir total o parcial del porcentaje de la harina de trigo por harinas de diferentes cereales (Hadradev *et al.*; 2011). Estudios sobre el efecto de la sustitución del banano en la formulación de galletas, han dado resultados positivos en el proceso digestivo del organismo, generando una alternativa para las personas con problemas de salud como la diabetes y la obesidad. (Agama-Acevedo *et al.*; 2012).

Durante los últimos años, se han reportado estudios para mejorar el valor nutritivo de las masas para galletas mediante la adición de INL, debido a su contribución en las características de sabor y textura del producto y a sus efectos benéficos en el ser humano, como acelerador de los movimientos gastrointestinales, en la prevención del estreñimiento y posible cáncer de colon y de recto (Kawai *et al.*; 2011).

Como una alternativa a las pérdidas que se dan en la postcosecha de BB fresco en el Departamento del Quindío; el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto en las características químicas y texturales en masas para galletas, al sustituir el contenido de harina de trigo por cantidades crecientes de BB fresco y adición de INL.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las masas. BB, cultivado en la Hacienda los Samanes, vereda Palermo km 2 vía Quimbaya-Montenegro, Quindío Colombia fue utilizado como materia prima para la obtención de las masas para galletas. El corte del banano fue

realizado con un tiempo de siembra de 11 meses y los insumos para la elaboración de las galletas fueron suministrados por la empresa Tecnas S.A; a los que llamaremos premezcla; harina de trigo, maltodextrina, fructuosa, leudante, sacarosa y estevia. Para enriquecer las masas para galletas se adicionó inulina en diferentes porcentajes como se muestra en la tabla 1, utilizando una masa de control MC, el contenido de BB fue MB-10%, MB-15% y MB-30% (gr/gr) respectivamente. Los ingredientes fueron mezclados completamente en una mezcladora (KitchenAid KSM15SPS).

Tabla 1. Formulación de masas para galletas con adición de BB e INL.

Ingredientes	Sustitución de harina con BB			
	MC	MB-10	MB-15	MB-30
Premezcla	250	225	212,5	175
BananoB	0	25	37,5	75
Mantequilla	16	16	16	16
Inulina	0	4,0	7,0	10

MB-10 = 10g/100g de banano bocadillo, MB-15 = 15g/100g de banano bocadillo, MB-30 = 30g/100g de banano bocadillo.

Composición Química. El contenido de humedad, grasa, proteína, fibra, fueron determinados utilizando los métodos de análisis de AOAC. (1997). La evaluación instrumental de las masas se realizó empleando una prensa universal TA-XT2® y el análisis termogravimétrico (TGA) se llevaron a cabo en un SDTQ 600TGA (TA Instruments, EE.UU). Los termogramas se registraron a una velocidad de calentamiento de 10°C/min en un intervalo de 21,9-500°C. Para establecer el efecto de la sustitución de harina por BB y la adición de INL, se realizó un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%, utilizando el programa StatGraphics Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos del análisis de composición química. MB-10 MB-15 y MB-30 presentaron un mayor contenido de humedad que MC, debido al incremento del contenido de la harina que fue sustituida por BB en la formulación, y al contenido de fibra dietética presente en las diferentes musáceas (Agama-Acevedo *et al.*; 2012). El contenido de proteína no fue significativo ($p > 0,05$) con los porcentajes de sustitución empleados en la formulación. El contenido en grasa presentó una disminución en las MB-15 y MB-30 que puede ser atribuido a la viscosidad producida por

Tabla 2. Composición química y textural de masas para galletas con sustitución de BB eINL (g/100g).

	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Firmeza (N)	Elasticidad	Cohesivida
MC	3,25±0,012	8,20±0,032	6,12±0,025	2,22±0,013	326,63±0,041	0,466±0,014	0,337±0,021
MB-10	5,15±0,023	7,80±0,051	4,74±0,019	4,29±0,034	305,89±0,006	0,334±0,032	0,260±0,015
MB-15	6,45±0,043	7,84±0,042	4,11±0,021	6,14±0,025	292,07±0,001	0,306±0,004	0,254±0,004
MB-30	6,80±0,092	7,50±0,041	4,17±0,001	8,64±0,017	265,83±0,023	0,301±0,005	0,247±0,002

la fibra dietaria presente en el BB, (Rodríguez-Ambríz *et al.*; 2008). El aumento del contenido de fibra en las masas con relación a la MC se atribuye al aumento del contenido de INL en las formulaciones. El análisis del perfil de textura de las masas determinó un efecto significativo en la dureza, para el porcentaje de BB sustituido, haciendo a las masas más blandas y maneables. La disminución en la dureza de las masas podría atribuirse a los cambios en contenido de gluten y contenido de humedad (Hyun-Jung *et al.*; 2014). No se encontraron efectos significativos en los parámetros relativos a la integridad de la masa, como son elasticidad y cohesividad.

Análisis Termo gravimétrico (TGA). Como análisis de control se analizó para la realización del análisis termogravimétrico se preparó una masa con BB y premezcla sin adición de INL (MB). El comportamiento termogravimétrico de MB, MB-10, MB-15 y MB-30 se presenta en la Figura 1. Se observa una tendencia común para las masas en cuanto a los eventos térmicos presentados. No se presenta un efecto significativo para los porcentajes de BB e INL empleados en la formulación.

La MB presenta pérdidas por degradación 39,64%, a una temperatura de 295,1°C, MB-10 36,85%, a 295,6°C MB-

15 37,79%, a 299,2°C, MB-30 36,85%, a 299,1°C. Este comportamiento puede ser atribuido a la degradación de los carbohidratos y almidones presentes en la formulación de las masas. Las pérdidas totales para MB fueron de 81.12%, MB-10 79,35%, MB-15 79,02% y MB-30 75,23%. Se observa que 180°C temperatura utilizada comúnmente en el horneado de las masas para galletas, las pérdidas por degradación estarían aproximadamente entre 4-8% para cada masa.

CONCLUSIÓN

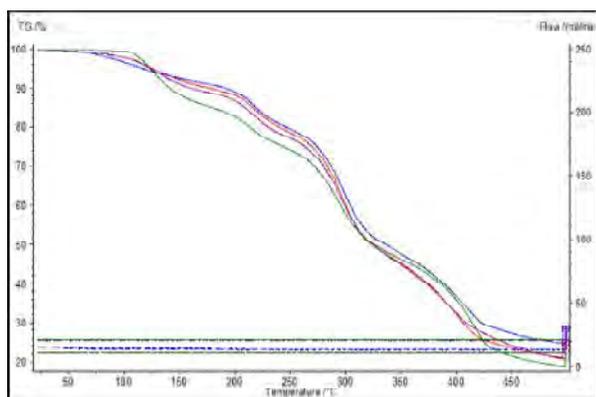
Los resultados obtenidos indican que las masas para galletas MB-10, MB-15 y MB-30 y adición de INL pueden ser adecuadas para la formulación de las galletas, considerándolas como una buena fuente de proteína, fibra y energía, haciendo posible la diversificación industrial de los subproductos generados por el BB fresco en el Departamento del Quindío.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración a la planta de panificación del Centro de Estudios y Prácticas Académicas y Sociales CEPAS y al laboratorio de postcosecha de la Universidad del Quindío.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC, fifteenth ed.
- Agama-Acevedo, E., J.J. Islas-Hernández, G. Pacheco-Vargas, P. Osorio-Díaz and L.A. Bello-Pérez. 2012. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. *LWT Food Science and Technology* 46(1): 177-182.
- Amórtegui Ferro, I., E. Capera Ducuara y J. Godoy-Acosta, 2001. El cultivo del bocadillo. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural, Primera edición, La opinión, Armenia (Q). 59p.
- Chung, H.J., C. Ahra and L. Seung-Taik. 2014. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *Food Science and Technology* 57(1): 260-266.
- Hadnađev, M., T. Dapčević, A. Hadnađev, L. Dokić, P. Biljana and V. Krstonošić. 2011. Rheological properties of maltodextrin based fat reduced confectionery spread systems. *Food Science* 1(1): 62-67.
- Kawai, K., Fukami, K., P.Thanatuksorn, C. Viriyarattanasak and K. Kajiwara. 2011. Effects of moisture content, molecular weight, and crystallinity on the glass transition temperature of inulin. *Carbohydrate Polymers* 83(1): 934-939.
- Rodríguez-Ambríz, S. L., J. Islas-Hernández, E. Agama-Acevedo, J.Tovar and Bello-Pérez, L. 2008. Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food Chemistry* 107(1): 1515-1521.



MB MB-10 MB-15 MB-30

Figura 1. Termogramas para MB, MB-10, MB-15 y MB-30.

Capacidad Antioxidante de Sericina Extraída con Agua Caliente a partir de Seda Natural Colombiana

Antioxidant Capacity of Extracted Sericin with Hot Water from Colombian Natural Silk

Angélica M. Serpa^{1,2}, Adriana Restrepo-Osorio^{3,4}, Benjamín Rojano⁵, Catalina Alvarez-López^{1,2*}

1 Facultad de Ingeniería Agroindustrial,

2 Grupo de Investigaciones Agroindustriales

3 Facultad de Ingeniería Textil

4 Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales. Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1 # 70-01.

*catalina.alvarezl@upb.edu.co

5 Departamento de Química, Laboratorio de Química de los productos naturales y los alimentos.

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Calle 59A # 63-20.

Resumen. La sericina es una proteína que recubre la seda natural. Diferentes estudios han demostrado sus aplicaciones en la industria cosmética, alimentaria y médica; entre ellas su capacidad antioxidante, la cual está relacionada, entre otros factores, con el método de extracción. En el presente trabajo se extrajo sericina con agua caliente utilizando un autoclave. Se trabajaron dos tiempos de extracción: 30 y 120 min. Los resultados obtenidos indican que el rendimiento de extracción y el contenido de proteína es similar entre ambas muestras, mientras que el incremento en el tiempo de tratamiento repercute positivamente en la capacidad antioxidante. Esto puede estar relacionado con una mayor extracción de fenoles (flavonoides), los cuales al igual que la sericina recubren la seda pero en una muy baja concentración.

Palabras clave: Antioxidante, Fenoles, Seda, Sericina

Abstract. Sericin is a protein which coats the natural silk. Studies have shown its applications in cosmetic, food and medical industry; including its antioxidant capacity, which is related, among other factors, with the method of extraction. In this paper, sericin was extracted with hot water using an autoclave and two extraction times: 30 and 120 min. The results indicate that the extraction yield and protein content is similar in both samples, while an increase in the treatment time has a positive effect on the antioxidant capacity. This may be related to increased extraction of phenols (flavonoids), which as sericin coat silk fibers, but in a very low concentration.

Key words: Antioxidant, Phenols, Sericin, Silk.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se produce seda natural de manera artesanal. Durante su transformación la seda es sometida a varios procesos textiles, entre ellos el desengomado, que tiene por objetivo remover una proteína hidrosoluble llamada sericina con el fin de darle a las fibras brillo y suavidad. Actualmente, en Colombia esta proteína es desechada y se considera un residuo (Mondal *et al.*, 2007).

La sericina es una proteína globular hidrosoluble, compuesta por 18 aminoácidos los cuales le han otorgado el título de compuesto bio-activo. Diversos estudios *in vitro* han demostrado su actividad biológica con aplicaciones en la industria cosmética, alimentaria y médica (Kato *et al.*, 1998). Una de las principales propiedades que se ha estudiado es su capacidad antioxidante (Prasong, 2011), la cual está relacionada con su naturaleza proteica, debido a la composición aminoacídica de la sericina, y a la presencia de carotenoides y compuestos fenólicos como los flavonoides (Prommuak *et al.*, 2008). Las propiedades de la sericina están relacionadas principalmente con la especie y la alimentación de los gusanos, y con los métodos de extracción empleados (Aramwit *et al.*, 2011). El método típico de desengomado emplea jabones neutros y soluciones alcalinas (Capar *et al.*, 2009). En este proceso, las muestras de sericina conservan residuos químicos que hacen necesarios reprocesos posteriores para su purificación, con el fin de ser utilizadas en las industrias antes mencionadas. Por esta razón, se han evaluado técnicas de extracción utilizando solo agua caliente, a fin de obtener una proteína con mayor grado de pureza (Oh *et al.*, 2011).

En el presente estudio se determinó la capacidad antioxidante de sericina extraída a partir de seda natural, producida en el departamento del Cauca Colombia, para su posible uso como ingrediente en la industria alimentaria, dando de esta manera un mayor aprovechamiento a la cadena serícola que se desarrolla en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las fibras de seda, donadas por la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca (CORSEDA), fueron sumergidas en agua destilada y sometidas a un proceso de calentamiento en autoclave por 30 min (S1) y 120 min (S2). Luego de cada tratamiento las fibras de seda fueron removidas de la solución acuosa, y los extractos obtenidos (S1 y S2) se almacenaron bajo refrigeración hasta su posterior evaluación.

El rendimiento de extracción se calculó con base en el peso perdido de las fibras de seda. El contenido de proteína, el cual se refiere a la sericina presente en las muestras, se evaluó por el método Kjeldhal, en un equipo VELP Scientifica con DKL, JP y UDK-149, para esto, las muestras fueron previamente deshidratadas en un horno de convección forzada hasta alcanzar peso constante.

Para evaluar la capacidad antioxidante de la sericina extraída en cada uno de los tratamientos, se determinó previamente la concentración de las muestras S1 y S2, utilizando la metodología AOAC 925.45. Para ambas se evaluó la actividad antioxidante de los radicales libres 2,2'-difeníl-1-picrilhidrazilo (DPPH) y el ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS). La actividad antioxidante DPPH se determinó de acuerdo a la técnica reportada por Lopera y otros (2013) y la del ABTS de acuerdo a los métodos reportados por Zapata y otros (2013). Debido a la presencia de compuestos fenólicos (flavonoides) en las muestras de seda, se determinó el contenido de fenoles totales por espectrofotometría UV, de acuerdo a una reacción colorimétrica de oxidación-reducción, utilizando como agente oxidante el reactivo de FolinCiocalteu.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del rendimiento de extracción, el contenido de proteína en las muestras de sericina y la capacidad antioxidante se presentan en la Tabla 1. Se puede observar que el rendimiento de extracción es el mismo para los dos tiempos de tratamiento y que existe una diferencia muy baja entre el contenido de proteína en S1 y S2. Es posible que el menor porcentaje de proteína en S2 se deba a una degradación de la muestra a causa del tiempo prolongado del tratamiento, aspecto a evaluar en trabajos futuros. El porcentaje restante de material presente en la muestra (~25%), corresponde a grasas, carbohidratos, materia inorgánica y pigmentos (flavonoides y carotenoides), siendo estos últimos de gran importancia por su aporte de fenoles (Mondal, 2007; Prasong, 2011).

Tabla 1. Características de la sericina extraída en autoclave durante 30 y 120 minutos

	S1	S2
Rendimiento de extracción (%)	27,86 ± 0,47	28,54 ± 0,61
Proteína (%)	75,43 ± 0,71	73,70 ± 0,50
Fenoles (mg ácido gálico / 100 g muestra)	23,20 ± 0,51	69,51 ± 2,07
DPPH (μmol Trolox / 100 g muestra)	7,87 ± 0,51	8,60 ± 1,01
ABTS (μmol Trolox / 100 g muestra)	392,24 ± 27,81	4148,97 ± 149,75

Los resultados muestran que tanto S1 como S2 exhiben capacidad antioxidante en las dos pruebas realizadas. Se evidencia una mayor capacidad antioxidante en S2, la cual puede estar asociada con una mayor cantidad de fenoles (Tabla 1) (Prasong, 2011), relacionados con la presencia de flavonoides en las muestras de seda (Prommuak *et al.*, 2008). Adicionalmente, las condiciones más drásticas del tratamiento pueden disminuir el peso molecular de la sericina, favoreciendo las propiedades de la muestra. Esto se sustenta en el trabajo de otros autores que han demostrado que la sericina hidrolizada mejora esta propiedad (Wu *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos están acordes con los reportados en la bibliografía donde se verifican las propiedades antioxidantes de muestras de sericina extraídas por diferentes métodos, desde diferentes variedades de gusanos, y a diferentes concentraciones (Kato *et al.*, 1998; Wu *et al.*, 2008, Prasong, 2011)

CONCLUSIÓN

Es posible concluir que las muestras de sericina extraídas en un autoclave usando agua como único solvente, presentan capacidad antioxidante frente a los radicales libres DPPH y ABTS, siendo más altos aquellos valores de las muestras extraídas durante mayor tiempo. Este comportamiento se pueden relacionar con dos factores; el primero de ellos es una mayor extracción de flavonoides, un grupo de fenoles que se encuentran en las fibras de seda en pequeñas concentraciones, que presentan una reconocida capacidad antioxidante. La segunda razón es una posible hidrólisis de la sericina, lo cual puede incrementar la capacidad antioxidante de la muestra, según reporte de diversos autores.

Teniendo en cuenta que no hay diferencia en el rendimiento de extracción, y que las propiedades antioxidantes de la muestra extraída durante 120 min son superiores a S1, se puede concluir que la muestra S2 presenta una mayor actividad biológica para su aplicación en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFIA

- Aramwit, P., S. Kanokpanont., T. Nakpheng and T. Srichana. 2010. The effect of sericin from various extraction methods on cell viability and collagen production. *International Journal of Molecular Sciences* 11(5): 2200-2211.
- Capar, G., S.S. Aygun and M.R. Gecit. 2009. Separation of sericin from fatty acids towards its recovery from silk degumming wastewaters. *Journal of Membrane Science* 342(1-2): 179189.
- Kato, N., S. Sato., A. Yamanaka., H. Yamada., N. Fuwa and M. Nomura. 1998. Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 62(1): 145-147.
- Lopera Y., J. Fantinelli., L.F. Gonzalez., B. Rojano., J.L. Rios., G. Schinell. and S. Mosca. 2013.

Antioxidant activity and cardioprotective effect of a nonalcoholic extract of *Vaccinium meridionale swartz* during ischemia-reperfusion in rats. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine. DOI: 10.1155/2013/516727.

Mondal, M., K. Trivedy and S.N. Kumar. 2007. The silk proteins, sericin and fibroin in Silkworm, *Bombyx mori* Linn., - a review. Caspian Journal of Environmental Sciences. 5(2): 6376.

Oh, J.Y. J.Y. Lee., M.K. Kim., I.C. Um and K.H. Lee. 2011. Refining hot-water extracted silk sericin by ethanol-induced precipitation. International Journal of Biological Macromolecules. 48(1): 32-37.

Prasong, S. 2011. Screening of Antioxidant Activity of Some *Samia*

ricini (Eri) Silks: Comparison with *Bombyx mori*. Journal of Biological Sciences 11(4): 336-339.

Prommuak C., W. De-Eknamkulm and A. Shotripruk. 2008. Extraction of flavonoids and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extracts. Separation and Purification Technology 62(2): 444-448.

Zapata K., F.B. Cortes. and B.A. Rojano. 2013. Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). Información tecnológica 24(5): 103-112.

Wu, J.H., Z. Wang. and S.Y. Xu. 2008. Enzymatic production of bioactive peptides from sericin recovered from silk industry wastewater. Process Biochemistry 43(5): 480-487.

Harina de Cáscara de Maracuyá como Sustituto Graso en Chorizos de Tilapia Roja

Passion Fruit Shell Flour as Fat Substitute in Red Tilapia Sausages

Carlos A. Acosta G.¹; Diego A. Virviescas S.²; Ángela M. Otálvaro A.³

- 1 Estudiante, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de La Salle, Bogotá. cacosta30@unisalle.edu.co
- 2 Estudiante, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de La Salle, Bogotá. virviescas34@unisalle.edu.co
- 3 Profesora Asociada, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de La Salle, Bogotá. amotalvaro@unisalle.edu.co

Resumen. En este estudio, se evaluó el efecto de incorporar harina de maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) a una formulación estándar de chorizo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) (en niveles de 2,5, 5,0 y 7,5%) en reemplazo de la grasa animal, de este modo se lograron sustituciones de la grasa del 20, 43 y 70% respectivamente. El producto en crudo correspondiente a cada nivel de sustitución fue evaluado en cuanto a su capacidad de retención de agua y textura, para seleccionar el nivel que mayor semejanza presentaba con el patrón (0 % de sustitución). Para este caso, los niveles de sustitución que presentaron las mejores características fueron los correspondientes a 2,5 y 5,0% de sustitución. Estos productos, se sometieron a análisis físicoquímico y se compararon nuevamente con el patrón, llegando a establecer que la sustitución al 2,5% permitía incrementar el contenido de fibra en el producto, mejorando su capacidad de retención de agua y reduciendo su contenido de grasa, logrando mantener el producto similar al patrón.

Palabras clave: Fibra dietaria, capacidad de retención de agua, textura, embutidos.

Abstract. In this study, the effect of incorporating passion fruit flour into a standard formulation of sausage of red tilapia (at levels of 2, 5, 5, 0 y 7, 5%) replacement of animal fat it was evaluated. In this way the fat substitutions achieved were 20, 43 and 70% respectively. The crude product corresponding for each level of substitution in their ability to retain water

and texture for select the level that it has greater similarity with the control (0% substitution). In this case, the levels of substitution that showed the best characteristics were those corresponding to 2.5 and 5. 0% substitution. These products were subjected to phytochemical analysis and compared with the product control again. Ultimately establishing the allowed substitution 2. 5% increase in the fiber content of the product, improving water holding capacity and reducing the fat content, managing to maintain the similar product control.

Key words: Dietary fiber, water holding capacity, texture, sausages.

INTRODUCCIÓN

Las industrias alimentarias que operan con maracuyá, producen un 70% de desechos entre cáscara, semillas y otros, que incluyen en su composición fibra dietaria, vitaminas y colorantes, que podrían ser aprovechados en otros procesos. Específicamente, la cáscara de maracuyá posee un contenido elevado de fibra dietaria (25 g/100g de cáscara), compuesta por fibra soluble, que tiene la capacidad de retener agua y crear geles a partir de carbohidratos como la pectina y fibra insoluble, caracterizada por retener grasa, dar estructura y evitar la dispersión dentro de emulsiones, propiedades que posicionan este producto como posible aditivo para la industria de los derivados cárnicos.

De otro lado, como la mojarra roja (*Oreochromis sp*), posee características nutricionales y sensoriales significativas, que la han convertido en un producto de interés comercial, surge la inquietud por evaluar el efecto de la sustitución de grasa por harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis var. Flavicarpa*) sobre un chorizo estándar elaborado con tilapia roja (*Oreochromis sp*), como alternativa para diversificar la oferta de productos cárnicos, con el uso de aditivos que mejoren su estabilidad y les aporten características funcionales. Es importante mencionar, que en la elaboración de chorizos estándar de tilapia roja, también se usa carne de res, cerdo y grasa de cerdo para aportar sabor al producto final y que precisamente la harina de cáscara maracuyá, por sus propiedades, entraría a reemplazar parte de la grasa de cerdo adicionada al producto.

En ese sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución de grasa por harina de cáscara de maracuyá en un chorizo elaborado con tilapia roja, sobre algunas características fisicoquímicas, sensoriales y de textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de la harina de cáscara de maracuyá, se separó el mesocarpio del resto de la cáscara (la cáscara de maracuyá se compone de mesocarpio y exocarpio, el mesocarpio que es la materia prima empleada en este trabajo, corresponde a la parte blanda de la cáscara) y se secó a 70°C por ocho horas durante 5 días. Una vez la humedad del mesocarpio que era de 89% pasó al 3%, éste se llevó a una etapa de molienda para obtener partículas con un diámetro de 0,8 mm. Con esta harina, se procedió a elaborar las formulaciones que se presentan en la Tabla 1. Seguidamente, los chorizos elaborados se caracterizaron en cuanto a su capacidad de retención de agua por cocción (CRAC) y a su textura (método Warner Blazter) y

se seleccionaron los dos que se comportaban de mejor manera (más similares al patrón, chorizo con 0% de adición de harina de cáscara de maracuyá). El proceso de cocción de los chorizos, se desarrolló sumergiéndolos en agua a temperatura de ebullición, por un tiempo entre 5-8 minutos.

Los productos seleccionados se sometieron a pruebas fisicoquímicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la obtención de la harina de cáscara de maracuyá, el rendimiento para su producción a partir de la fruta de maracuyá completa fue de 6,58%. Y la caracterización preliminar de la misma, indicó que contenía 57,81% de fibra dietaria, que le confería una capacidad de retención de agua de 7,79 g de agua/g de muestra seca, de modo que se comprobó que podía funcionar como agente emulgente convirtiéndose en un ingrediente que aportaría estabilidad a una emulsión cárnica.

En cuanto a las formulaciones desarrolladas, se comprobó que los parámetros de calidad cumplían con los balances tecnológico según la NTC-1325 de 2008, de modo que las relaciones humedad/proteína eran menores a 5 (aportando una buena mordida cárnica), las relaciones grasa/proteína menores a 2 (generando emulsiones estables) y las relaciones sal/humedad presentaban valores mayores a 3,5 (indicando buenas condiciones para prolongar la vida útil).

La evaluación de la adición de harina de cáscara de maracuyá dentro de las formulaciones, se presenta en la Tabla 2, donde se encuentran los resultados correspondientes a la prueba de textura y a la capacidad de retención de agua por cocción (CRAC), para los 4 productos elaborados.

Los resultados de la capacidad de retención de agua (CRAC) indican que esta aumenta con la incorporación de harina de

Tabla 1. Formulaciones chorizos de pescado a diferentes niveles de sustitución.

COMPONENTE	% DE HARINA EN LA FORMULACIÓN			
	0%	7,5%	5,0%	2,5%
Mojarra roja	491,46 g	504,24 g	500,48 g	496,34 g
Carne de res	81,91 g	84,04 g	83,41 g	82,72 g
Carne de cerdo	81,91 g	84,04 g	83,41 g	82,72 g
Grasa de cerdo	131,06 g	32,84 g	65,06 g	97,61 g
Harina de maracuyá	0,00 g	75,64 g	50,05 g	24,82 g
Agua	131,06 g	134,46 g	133,46 g	132,36 g
Aditivos	82,60 g	84,74 g	84,11 g	83,42 g

Fuente: Los Autores.

Tabla 2. Capacidad de retención de agua por cocción y fuerza de corte de los chorizos de pescado a diferentes niveles de sustitución.

MUESTRA	CRA PROMEDIO %	FUERZA DE CORTE (kgf)
Chorizo patrón 0% de adición de harina de cáscara de maracuyá	94,21 ± 1,78	3,52 ± 0,61
Chorizo con 2,5% de adición de harina de cáscara de maracuyá	101,60 ± 0,84	3,08 ± 0,25
Chorizo al 5,0% de adición de harina de cáscara de maracuyá	102,75 ± 1,32	2,67 ± 0,18
Chorizo al 7,5% de adición de harina de cáscara de maracuyá	102,95 ± 2,86	2,40 ± 0,11

Fuente: Los Autores.

cáscara de maracuyá en las diferentes formulaciones. Dicho aumento puede estar relacionado con las propiedades que ofrece la harina en cuanto a retener agua y dar estructura a la emulsión cárnica.

De otro lado, la fuerza de corte aplicada a cada chorizo muestra que a menor nivel de sustitución de grasa animal por harina de cáscara de maracuyá, menor es la fuerza de corte. A partir de los resultados obtenidos en estas pruebas, se eligieron los chorizos al 2,5% y 5,0% de adición de harina de cáscara de maracuyá, como aquellos que presentaban características más similares al chorizo patrón en cuanto a CRA y fuerza de corte, y se procedió a realizarles una evaluación fisicoquímica (Tabla 3).

Como se aprecia en la Tabla 3, la humedad se mantuvo entre 69,18-71,41%, valores cercanos a los reportados por Hleap y Velasco (2012), para salchichas de tilapia roja quienes registraron valores de 63,73-66,32%. Respecto al aumento de la humedad en los chorizos después de ser cocidos, se puede mencionar que para los productos que incorporan harina de cáscara de maracuyá, este efecto puede estar siendo ocasionada por la fibra soluble presente en la harina, que hace

que el chorizo retengan mayor cantidad de agua, más aún cuando el producto es sometido a altas temperaturas.

Respecto al contenido de cenizas, los valores en crudo de este parámetro, son cercanos al valor de 4,78%, reportado por Batista *et al.*, (2012), para chorizos de pescado. Asimismo, los valores obtenidos para los chorizos cocidos, son comparables a los reportados para salchichas de tilapia (2,98%) que presentan Hleap y Velasco (2012).

En cuanto al porcentaje de proteínas, para el producto crudo el valor es similar al reportado por Batista *et al.*, (2012) de 16,39%. Se sugiere que el aumento del contenido de proteínas en crudo se debe al aporte proteico que hace la harina de cáscara de maracuyá. Como lo indican Díaz y Alarcón (2012), lo contrario ocurre con el contenido proteico en cocción, ya que la desnaturalización de la proteína a causa de la temperatura hace que su contenido disminuya después de este proceso.

Respecto al contenido de grasa, los valores están dentro del rango sugerido por Hleap y Velasco (2012) para estos

Tabla 3. Resultados pruebas fisicoquímicas chorizos de pescado patrón y seleccionados en crudos y cocidos.

MUESTRA	PRUEBAS FISICOQUIMICAS				
	%HUMEDAD	%CENIZAS	%PROTEINAS	%GRASA	% FIBRA DIETARIA TOTAL
Chorizo patrón*	71,41 ± 1,68	3,24 ± 0,10	11,77 ± 0,02	7,97 ± 0,30	0,00
Chorizo patrón **	72,05 ± 0,31	2,53 ± 0,01	10,56 ± 0,01	9,33 ± 0,73	0,00
Chorizo al 2,5% de nivel de sustitución *	68,94 ± 0,27	3,54 ± 0,08	13,16 ± 0,02	6,71 ± 0,11	1,81***
Chorizo al 2,5% de nivel de sustitución **	69,18 ± 0,33	2,51 ± 0,23	10,33 ± 0,01	7,62 ± 0,12	2,14 ***
Chorizo al 5,0% de nivel de sustitución *	68,39 ± 0,23	3,67 ± 0,15	20,13 ± 0,01	4,97 ± 0,12	4,02 ***
Chorizo al 5,0% de nivel de sustitución**	69,51 ± 0,44	2,60 ± 0,07	13,46 ± 0,02	5,04 ± 0,11	3,91 ***

Fuente: Los autores. *Chorizo crudo. ** Chorizo cocido. *** Pruebas hechas en Enzipan Laboratorios S.A

productos, y son menores a medida que se incrementa el nivel de adición de harina de cáscara de maracuyá puesto que esta adición se hace en detrimento del contenido de grasa de cerdo en el producto.

En lo que concierne a la fibra dietaria total, la incorporación de la harina, contribuye a la obtención de una pasta cárnica más estable a nivel de textura, coincidiendo con lo indicado por Ospina *et al.*, (2011). Además los valores de fibra dietaria total de los chorizos de pescado en crudo fueron superiores a los reportados para salchichas elaboradas con adición de uva moscatel (*Vitis vinifera*) como fuente de fibra reportadas por Devia y Ramírez, 2012.

CONCLUSIÓN

La harina de cáscara de maracuyá se puede utilizar en la elaboración de embutidos, debido a su capacidad de retención de agua y a su contenido de fibra que le confieren propiedades importantes para la elaboración de emulsiones. En la elaboración de los chorizos con sustitución de grasa animal por harina de cáscara de maracuyá, se observó un aumento en la concentración de fibra dietaria total en los productos que aporta un valor agregado a nivel nutricional a los mismos y a sus características físicas. En cuanto al nivel de textura de acuerdo a la prueba de fuerza de corte se concluye que el chorizo con sustitución del 2,5% de grasa animal por harina de maracuyá es la muestra que presenta características más

similares al patrón, mientras posibilita una reducción de la grasa en los chorizos en un 43%.

BIBLIOGRAFÍA

- Batista, L., M. Caballero, C. Granados, A. Torrenegra, G. Urbina y D. Acevedo. 2012. Elaboración de chorizo a base de pescado. *Vitae* 19(1): S237-S239.
- Devia, G. y M. Ramírez. 2012. Elaboración de un producto cárnico tipo salchicha con adición de uva moscatel (*Vitis vinifera*) como fuente de fibra. Tesis Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Salle. Bogotá. 116p.
- Díaz, C. y D. Alarcón. 2012. Análisis de las características tecnológicas, fisicoquímicas y sensoriales de un embutido de pasta fina con sustitución de almidón de papa por harina de amaranto (*amaranthus spp*). Tesis Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Salle. Bogotá. 122p.
- Hleap, J y V. Velasco. 2012. Parámetros fisicoquímicos durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* 10(1):42-50.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación (ICONTEC). 2008. Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados. No. NTC 1325. Quinta actualización. Icontec, Bogotá.
- Ospina, S., D. Restrepo y J. López, 2011. Caracterización microbiológica y bromatológica de hamburguesas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 64(1):5993-6005.

Evaluación del Efecto de la Adición de Avena sobre las Características Reológicas del Yogur

Evaluation of the Effect of Adding Oats on Rheological Properties of Yogurt

Elkin Acosta Alarcón¹, Lina Angelica Hidalgo Pachón² y Marta Cecilia Quicazán de Cuenca³

- 1 Estudiante de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia –Sede Bogotá–Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Carrera 30 N° 45-03, Ciudad Universitaria, Edificio 453. eacostaa@unal.edu.co
- 2 Ingeniera Química, Universidad Nacional de Colombia –Sede Bogotá– Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Carrera 30 N° 45-03, Ciudad Universitaria, Edificio 500C. lahidalgop@unal.edu.co
- 3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia –Sede Bogotá– Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Carrera 30 N° 45-03, Ciudad Universitaria, Edificio 500C. mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. La avena es un cereal que aporta beneficios nutricionales y fisiológicos, gracias a su alto contenido en fibra dietaria y grasa vegetal. En este trabajo se evaluó el efecto que tiene la adición de avena al yogur sobre sus propiedades reológicas. Se elaboró yogur sin azúcar, con azúcar y con azúcar y avena, adicionándola en dos presentaciones: molida y en hojuelas. La fermentación se llevó a cabo a una temperatura de 43°C durante 5 horas, con una pasteurización a 80°C durante 20 minutos previa al inóculo del cultivo. Los parámetros reológicos del yogur se determinaron utilizando un viscosímetro de cilindros concéntricos Rheotest II. El perfil reológico de los yogures indica que tienen

un comportamiento pseudoplástico y tixotrópico. La adición de azúcar disminuye la viscosidad del yogur, pero esta es recuperada al adicionar avena molida, y se aumenta aún más al adicionar la avena en hojuelas.

Palabras clave: Alimentos funcionales, fluido pseudoplástico, comportamiento tixotrópico.

Abstract. Oat is a cereal that provides nutritional and physiological benefits, due to its high content of dietary fiber and vegetable fat. In this work, the effect of adding oats to yogurt on their rheological properties was evaluated. Yogurt was prepared without sugar,

sugar, and sugar and oats, by adding in two forms: milled and flakes. The fermentation was carried out at a temperature of 43 °C during 5 hours, with pasteurization at 80 °C for 20 minutes after the inoculation of the culture. Yogurt rheological parameters were determined using a Rheotest II, concentric cylinder viscometer. The rheological profile indicates a pseudoplastic and thixotropic behavior. The yogurt viscosity decreases by adding sugar, but this is recovered by adding milled oats, and is further increased by adding the oat flakes.

Key words: Functional foods, pseudoplastic fluid, thixotropic behavior.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existe una tendencia al consumo de alimentos funcionales que tienen un alto valor nutricional y además aportan beneficios a las funciones fisiológicas. La avena es un cereal rico en fibra y grasa vegetal que confiere características especiales a la leche fermentada, ya que al incluir avena antes del proceso de fermentación la viscosidad del yogur será más alta que para uno sin la adición de avena, debido a las propiedades espesantes de este cereal (Mancera y Mendoza, 2002). La viscosidad es un aspecto tecnológico importante para la elaboración de yogur a gran escala, por tratarse de un fluido no newtoniano, pseudoplástico y de comportamiento tixotrópico (Andrade *et al.*, 2010). Por lo tanto, el objetivo de este

trabajo es elaborar un yogur entero con adición de avena molida y en hojuelas edulcorado con azúcar común con el fin de encontrar el efecto que tiene sobre las características reológicas del producto final la adición de avena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. Se empleó leche entera UHT, avena molida y en hojuelas, adicionada en proporción de 5 g/L, azúcar en una concentración de 8% m/m y el cultivo láctico MY800 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subs. *Lactis* y *Lactobacillus delbrueckii* subs. *Bulgaricus*). La fermentación se llevó a cabo en una incubadora por 5 horas. Al producto final se le realizó el perfil reológico usando un dispositivo rotativo de cilindros concéntricos Rheotest II, ajustándose al modelo de Ostwald de Waele, con un coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,9641$, obteniéndose índice de flujo (n) e índice de consistencia (k).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se observa el comportamiento reológico de las diferentes fórmulas de yogur, todos tienen un comportamiento de fluido no newtoniano, pero presentan algunas diferencias,

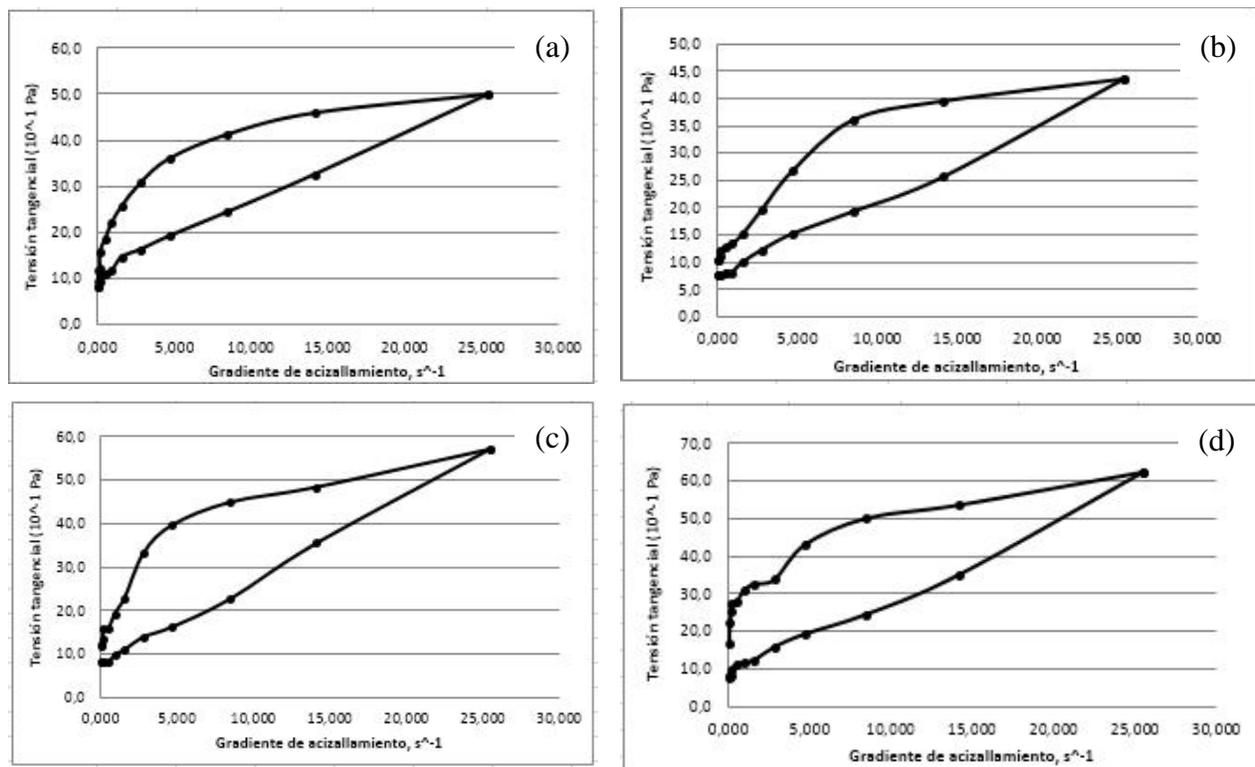


Figura 1. Reogramas para las fórmulas de yogur. (a) Yogur control (sin azúcar, ni avena); (b) Yogurt con azúcar; (c) Yogurt con azúcar y avena molida; (d) Yogurt con azúcar y avena en hojuelas

que se verán reflejadas en el índice de consistencia y el índice de flujo. La diferencia en la curva de ascenso y la de descenso se debe a que las propiedades reológicas del yogur son dependientes del tiempo por lo cual se clasifica como un fluido tixotrópico, ya que para un mismo gradiente de acizallamiento la tensión tangencial disminuye con el tiempo de aplicación (Andrade *et al.*, 2010). Este resultado coincide con otros estudios reológicos realizados para yogur (Basak and Ramaswamy, 1994).

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis reológico, se observa que el valor del índice de flujo (n) es menor a 1 para todos los ensayos lo que indica que se tratan de fluidos pseudoplásticos (Díaz *et al.*, 2004). La viscosidad de los yogures con adición de avena es alta de acuerdo a los valores de sus índices de consistencia (k) siendo el yogur con avena en hojuelas el que presenta una viscosidad mucho mayor. Aunque el azúcar tiende a conferir propiedades de textura al producto (Mancera y Mendoza, 2002) en este caso por hacerse la inclusión de este edulcorante al iniciar la fermentación se obtuvieron valores bajos de viscosidad comparados con el yogur fermentado únicamente con leche. Al tener en cuenta que el yogur preparado con solo azúcar presenta una viscosidad baja, la inclusión de avena eleva considerablemente la viscosidad debido a sus propiedades espesantes.

Tabla 1. Índice de consistencia y de flujo según análisis del viscosímetro.

		Índice de consistencia, k	Índice de flujo, n	R2
Hojuelas+ Azúcar	Ascenso	20,4240	0,183	0,9970
	Descenso	6,9905	0,298	0,9753
Av. Molida + Azúcar	Ascenso	11,6330	0,280	0,9940
	Descenso	6,4749	0,292	0,9641
Sólo leche	Ascenso	11,3250	0,279	0,9974
	Descenso	7,6223	0,269	0,9869
Azúcar	Ascenso	9,4051	0,255	0,9884
	Descenso	6,1522	0,258	0,9742

CONCLUSIÓN

Todas las formulaciones se comportaron como fluidos no newtonianos tipo pseudoplástico que presentaron comportamiento tixotrópico. La adición de avena tanto molida como en hojuelas incrementó la viscosidad del yogur. La formulación a la que sólo se le adicionó azúcar presentó una viscosidad menor con respecto al yogur control que se elaboró sin adición de azúcar, ni avena.

AGRADECIMIENTOS

Claudia Estella Hernández Londoño, candidata a doctorado en ingeniería química por su dirección y colaboración para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, R., M. Arteaga y M. Simanca. 2010. Efecto del salvado de trigo en el comportamiento reológico del yogurt de leche de búfala. Información tecnológica. 21(5): 117-124.
- Basak, S. and H.S. Ramaswamy. 1994. Simultaneous evaluation of shear rate and time dependency of stirred yogurt rheology as influenced by added pectin and strawberry concentrate. Journal of Food Engineering 21(3):385-393.
- Díaz, B., M. Sosa y J. Vélez. 2004. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. Revista Mexicana de Ingeniería Química 3(3):287-305.
- Mancera, J. y D. Mendoza. 2002. Contribución al estudio del proceso fermentativo en bebidas de soya utilizando microorganismos probióticos. Trabajo de Grado. Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, 95p.

Efecto de la Adición de Emulsiones Múltiples con Fenoles en un Queso Funcional Tipo Cheddar

Effect of the Addition of Multiple Emulsions with Phenols in Functional Type Cheese Cheddar

D. J. Pimentel-Gonzalez.¹; M. García Meza²; B. García Almendárez³; A.D. Hernández-Fuentes⁴; R. G. Campos-Montie⁵

1 Doctora del Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Rancho Universitario s/n Km. 1. Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600, México. Tel. (52) 7717172000 ext. 2421. dianajpg@gmail.com.

2 Ing. Agroindustrial del Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Rancho Universitario s/n Km. 1. Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600, México. Tel. (52) 7717172000 ext. 2421. dianajpg@gmail.com

3 Doctora de DIPA, PROPAC, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, C.U., Cerro de las Campanas s/n, CP 76010, Querétaro, Qro.

4 Doctora del Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Rancho Universitario s/n Km. 1. Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600, México. Tel. (52) 7717172000 ext. 2421.

5 Doctor del Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Rancho Universitario s/n Km. 1. Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600, México. Tel. (52) 7717172000 ext. 2421. rcampos@uaeh.edu.mx.

Resumen. En esta investigación se determinó el efecto de las emulsiones múltiples con fenoles totales de uva en la maduración de un queso funcional tipo Cheddar. La formulación de la emulsión múltiple que contenía los fenoles totales de uva fue una mezcla terciaria con 17% de goma arábiga, 66% de goma de mezquite y 17% de maltodextrina. Se tuvieron dos tratamientos: queso tradicional (QT) y queso funcional con compuestos fenólicos con emulsiones múltiples (QF). Se determinaron: el contenido fenoles totales, humedad, cenizas, grasa, proteína, pH y análisis sensorial. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos éstas presentan en el contenido de fenoles, cenizas, grasa y proteína. En cuanto al porcentaje de humedad y pH los resultados fueron similares. En el análisis sensorial los panelistas no entrenados no detectaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre QT y QF. Las emulsiones múltiples con fenoles totales afectaron positivamente la maduración en el queso funcional tipo Cheddar al incrementar el contenido de fenoles totales, grasa y proteína pero no su sabor.

Palabras clave: Maduración, encapsulación, gusto, protección.

Abstract. In this research the effect of multiple emulsions with total phenols from grape in the maturation of a functional type cheese Cheddar was determined. The formulation of multiple emulsions containing total phenols from grapes was a tertiary mixture with gum Arabic 17%, gum mesquite 66% and maltodextrin 17%. There were two treatments: traditional chesse (QT) and functional cheese with phenolic compounds with multiple emulsions (QF). They were determined:

total phenols, moisture, pH, ash, fat, protein and sensory analysis. The results showed significant differences ($P < 0.05$) in cheese maturation in phenols, ash, fat and protein. In moisture and pH found similar results. In sensory analysis not detected significant differences ($P > 0.05$) between QT and QF with panelists untrained. Multiple emulsions with total phenols affected in a positive way the functional Cheddar cheese increasing the content of phenolic compounds, fat and protein but not the taste.

Key words: Maturation, encapsulation, taste, protection.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la investigación de los polifenoles se centra en sus aplicaciones en alimentos funcionales por los beneficios potenciales que aportan a la salud humana, sin embargo, su eficacia depende de la preservación, de los ingredientes activos. No obstante, el sabor desagradable de la mayoría de los compuestos fenólicos, limita sus usos. Debido a esto, encapsular los fenoles totales en vez de emplearlos como compuestos libres, es una opción para reducir éstas deficiencias (Gülcin, 2006). La encapsulación es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas son introducidas en una matriz con el objetivo de impedir su pérdida, protegiéndolos de la reacción con otros compuestos presentes en el alimento y/o para impedir que sufran reacciones de oxidación por la luz y el oxígeno (Fang and Bhandari, 2010). Las emulsiones múltiples son un tipo de encapsulación que se clasifican en dos tipos: Agua en

aceite en agua (W/O/W) y aceite en agua en aceite (O/W/O). Éste es imperceptible sensorialmente al ser adicionado al alimento. Por otra parte, el queso se ha convertido en un ingrediente relevante en la gastronomía tradicional mexicana encontrándose cada vez con mayor auge los quesos madurados como el Tipo Cheddar. Es por esta razón, que el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de emulsiones múltiples con fenoles totales en un queso tipo Cheddar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las emulsiones fueron realizadas por la metodología de las dos etapas, (W1/O/W2). Se realizó una formulación ternaria de 66% goma de mezquite (GM), 17 % goma arábica (GA) y 17% maltodextrina 10 (MD). En la fase acuosa interna W₁. Se encapsuló una solución de fenoles totales de uva y aceite de canola como fase oleosa (O). La fabricación de queso tipo Cheddar de la manera tradicional (Nieto y Cañizo, 2004) con la adición de fenoles totales de uva encapsulados se realizó en el proceso de Cheddarización. Se tuvieron dos tratamientos del queso tradicional (QT), Queso funcional con fenoles totales encapsulados (QF). En el análisis proximal se determinó: humedad, cenizas, grasa y proteína y pH (AOAC, 1995). Los fenoles totales se cuantificaron usando la metodología de Folin-Ciocalteu. Se realizó una evaluación sensorial con una prueba de nivel de agrado con una escala hedónica de 7 puntos.

Se utilizó un diseño de una sola vía (one way), cuando se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) se utilizó la técnica de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de fenoles totales entre los quesos (Tabla 1), incrementándose 2,6 se veces la concentración de fenoles en QF demuestra la protección de los compuestos fenólicos en emulsiones múltiples a factores externos (temperatura y luz). En humedad no se observaron diferencias significativas entre los quesos ($P > 0,05$) a los 45 días. En cenizas se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$), este comportamiento, se atribuye a la adición de otros compuestos a la matriz del queso. En grasa se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los quesos encontrando un incremento del 8,9% que coincide con investigaciones de Lobato-Calleros *et al.*, (2008). En proteína se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Encontrando un incremento de más del 6% . Hennelly *et al.*,

(2006) obtuvieron un aumento en el porcentaje de proteína de quesos que se les adicionó inulina. En el análisis sensorial no existieron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos, lo que comprueba que la adición de fenoles totales encapsulados con emulsiones múltiples no afectó el sabor de los quesos funcionales con panelistas no entrenados al encapsular el sabor desagradable de los fenoles totales con la doble capa (W₁/O/W₂).

Tabla 1. Características fisicoquímicas en la maduración de un queso tipo Cheddar tradicional (QT) y Queso tipo Cheddar funcional con emulsiones múltiples con fenoles totales (QF)

	1	15	45
Días			
Fenoles totales (mg EAG/g)			
QT	0,040±0,0001c	0,037±0,0002b	0,029±0,0003a
QF	0,129±0,0040f	0,111±0,0001e	0,105±0,0006d
pH			
QT	6,22±0,08c	5,91±0,02b	5,57±0,02a
QF	6,48±0,13c	5,82±0,06b	5,62±0,01a
Humedad (%)			
QT	40,03±0,65b	38,40±1,48b	36,20±1,53a
QF	47,26±0,89c	40,77±1,36c	37,15±2,57a
Cenizas (%)			
QT	4,53±0,17c	4,00±0,01b	3,66±0,03a
QF	4,57±0,21c	4,11±0,05b	4,01±0,01b
Contenido de grasa (%)			
QT	29,3±0,8c	26,9±0,8a	25,6±0,4a
QF	32,6±0,5d	29,2±0,6c	27,9±0,3b
Contenido de proteína (%)			
QT	26,4±0,1c	25,9±0,25b	24,1±0,11a
QF	27,8±0,2d	26,9±0,17c	25,7±0,17b

Los superíndices a, b, c, d, e, f representan diferencias significativas * ($P < 0,05$).

CONCLUSIÓN

Las emulsiones múltiples afectaron positivamente la maduración del queso funcional al proteger a los fenoles totales, aislar el sabor desagradable de los fenoles totales e incrementar la proteína y grasa.

AGRADECIMIENTO

El apoyo recibido por PROMED de la SEP de México para la Red Biotecnología Alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, International. Arlington Virginia, USA. 16th edition.
- Gülcin, I. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3, 4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology* 217(2-3): 213-220
- Fang, Z. and B. Bhandari. 2010. Encapsulation of polyphenols—a review. *Trends in Food Science and Technology* 21(10): 510-523.
- Hennelly, P.J., P.G. Dunne, M. O'Sullivan, y E.D. O'Riordan, 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering* 75(3): 388-395.
- Lobato-Calleros, C., A. Sosa-Pérez, J. Rodríguez-Tafoya, O. Sandoval-Castilla, C. Pérez-Alonso, and E. Vernon-Carter, 2008. Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10): 1847-1856.
- Nieto, V. Z. y M.E Cañizo. 2004. Manual de prácticas de laboratorio: Departamento de Alimentos y Biotecnología facultad de Química. México D.F, Práctica ocho, 102-104.

Efecto de las Mielles de Agaves en el Crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii*

Effect of the Honey From Agave on the Growth of Lactobacillus delbrueckii

Diana Castro y Jorge Yañez¹

¹ Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI), Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. D.F., <castrodiana182@gmail.com>; <jyanezfe@ipn.mx>

Resumen. En el presente estudio se determinó el efecto de fuentes de carbono como glucosa, fructosa, aguamiel de *Agave salmiana* y miel de *Agave tequilana* sobre el crecimiento de bacterias con efectos probióticos como *Lactobacillus delbrueckii*. Se realizaron cinéticas de crecimiento de 12 horas monitoreando cada 90 minutos utilizando una concentración de cada fuente de carbono 20g/L, determinando la velocidad de crecimiento. Los resultados obtenidos indican que *L. delbrueckii subsp bulgaricus* NRRL-B-548 presenta la mayor velocidad (0,231LogUFC/mL/h), cuando se emplea aguamiel de *Agave salmiana*, de esta manera, se concluye que las mieles obtenidas de agaves promueven de forma favorable el crecimiento de *L. delbrueckii*.

Palabras claves. Cinética de crecimiento, Biotecnología, Microbiología

Abstract. In this study the effect of carbon sources as glucose, fructose, mead of *Agave salmiana*, and honey of *Agave tequilana* on the growth of bacteria with probiotic effect as *Lactobacillus delbrueckii* was determined. Growth kinetics were tested for 12 hours, monitoring every 90 minutes, using a concentration of each carbon sources 20g/L, and determining the rate of growth. The results indicate that *L. delbrueckii subsp bulgaricus* NRRL-B-548 has the highest growth rate (0.231Log CFU/mL/h) when is used mead of *Agave salmiana*, in this way, it can be concluded that those honeys obtained from agaves favorably promote the growth of *L. delbrueckii*.

Palabras claves. Cinética de crecimiento, biotecnología, microbiología.

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años los microorganismos como las bacterias lácticas probióticas han sido tema de diversos estudios, encaminados a mejorar el estado de vida del ser humano y a su vez junto con los prebióticos son considerados ingredientes importantes de los llamados alimentos funcionales, los cuales además de aportar los nutrientes recomendados ejercen efectos beneficiosos sobre una o más funciones del organismo, fomentando la salud y reduciendo el riesgo de enfermedad (Feleszko *et al.*, 2013). Los prebióticos son sustancias químicas naturales que benefician el crecimiento de bacterias no patógenas (Whelan, 2013).

Entre las sustancias que se consideran prebióticos se encuentran, fructo-oligosacáridos, inulina, galacto-oligosacáridos, oligosacáridos de soya, entre otros carbohidratos (Vilet *et al.*, 2014). Como fuentes importantes de carbohidratos se encuentran los agaves, plantas perennes autóctonas de México con porcentajes de carbohidratos del 75%, estas plantas se emplean generalmente para la construcción, la obtención de fibras, en medicina y producción de bebidas fermentadas (Praznik *et al.*, 2013). Uno de los productos generados por los agaves, en especial el *Agave salmiana* es el aguamiel, savia

que se obtiene después de 6 meses de realizado el proceso de castrado del agave, cuyos componentes son: agua, sacarosa, glucosa, fructosa, gomas, proteínas, minerales, vitaminas, azúcares tales como xilosa, galactosa, arabinosa y polifruktanos como la inulina. Otro producto obtenido son las mieles, empleadas para endulzar alimentos a nivel industrial, en este caso se emplea una miel como sustrato obtenida del *Agave tequilana* (García, *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las mieles de agaves: *salmiana* y *tequilana*, y azucares simples como glucosa y fructosa, determinando la mejor fuente de carbono sobre el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NRRL-B-548.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La bacteria empleada en este estudio fue *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NRRL-B-548. Como sustratos se emplearon: glucosa, fructosa, aguamiel extraído de maguey pulquero, manso o de montaña *Agave salmiana*, proveniente del municipio de Nopaltepec Estado de México y miel de *Agave tequilana webe* de PACAR, SA de C.V. México. Para la caracterización de las materias primas se empleó la técnica HPLC, utilizándose una columna μ Bondapak™ NH₂ 3.9 x 300 mm con flujo de 0,4mL/min y como fase móvil una mezcla de acetonitrilo-agua (90:10), inyectando de cada muestra 20 μ L, se utilizó el detector de índice de refracción modelo 410 integrado a un equipo de cómputo (OptiPlex 466/Le, Dell), el control del equipo, la adquisición y el procesamiento de información se realizaron por medio del software Empower 2 (Waters). Para evaluar el efecto en el crecimiento se realizaron cinéticas de crecimiento en matraz de 250mL, de 12 horas, a 37°C en condiciones aeróbicas, cada 90 minutos se tomó 1mL del matraz para el conteo en placa en un medio MRS, incubando a 37°C/ 24h, posteriormente se determinó la velocidad de crecimiento por medio del software DMFit (2009). Las cinéticas de crecimiento se realizaron en medio MRS como medio patrón y las diferentes fuentes de carbono (20g/L). Los experimentos se realizaron por triplicado y se utilizó el programa SPSS 20.0 para el análisis estadístico de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados de identificación cualitativa obtenidos por HPLC, para cada uno de los sustratos empleados se muestran en la Tabla 1, se observa en ambos agaves la presencia de inulina, diferenciándose cada sustrato por la presencia de carbohidratos más simples, en el caso del aguamiel la presencia de sacarosa (disacárido formado por glucosa y fructosa) y en la miel la glucosa en forma libre. Los resultados de identificación mostraron que los sustratos contenían fructo-

oligosacáridos, los cuales son generados por la hidrólisis de inulina, siendo aprovechados y metabolizados por las bacterias lácticas para incrementar su crecimiento (Ramírez, 2009), observándose este comportamiento con los resultados obtenidos en este trabajo. En la Tabla 2 se muestran las velocidades de crecimiento obtenidas, observándose mayor afinidad por el aguamiel que por la miel de *Agave tequilana*, atribuyéndose este comportamiento al incremento en fructo-oligosacáridos en el aguamiel, lo cual, produce un aumento en el crecimiento bacteriano, resultados que coinciden con los obtenidos por (Miñana, 2007), quien genera el crecimiento de bifidobacterias y lactobacilos al aumentar la concentración de fructo-oligosacáridos en el medio, comprobándose lo anterior con el estudio de (Rendón, 2009), quien evaluó el efecto prebiótico de los fructanos presentes en agaves a diferentes concentraciones, encontrando una relación directamente proporcional del incremento de la velocidad de crecimiento microbiano conforme aumenta la concentración de fructanos.

Tabla 1. Tiempos de retención de los diferentes sustratos empleados en la cinética de crecimiento.

Azúcar	Tiempo de retención (min)
Fructosa	16.655
Glucosa	18.957
	Fructosa-Glucosa: 18.317-19.250
	Sacarosa: 28.604
Miel AT	Inulina: 16.623
	Glucosa: 18.679
Agua AS	Inulina: 16.613
	Sacarosa: 28.990

Tabla 2. Velocidad de crecimiento expresada en UFC/mL/h.

Fuente de carbono	Log UFC/mL/h
Sin fuente de carbono	0.019 ± 0.001a
Aguamiel de Agave salmiana	0.231 ± 0.045b
Glucosa	0.111 ± 0.039c
Miel de Agave tequilana	0.134 ± 0.012c
Fructosa	0.155 ± 0.046c

Nota: Los valores presentados son el promedio de 3 repeticiones ± D.E., los datos indicados con ^(a,b,c) muestran que existen diferencias significativas entre las fuentes de carbono (Ducan, $p \leq 0.05$).

En la Figura 1 se observa las cinéticas de crecimiento para *L. delbrueckii*, realizándose un control negativo, cuyo comportamiento muestra la necesidad de la fuente de carbono

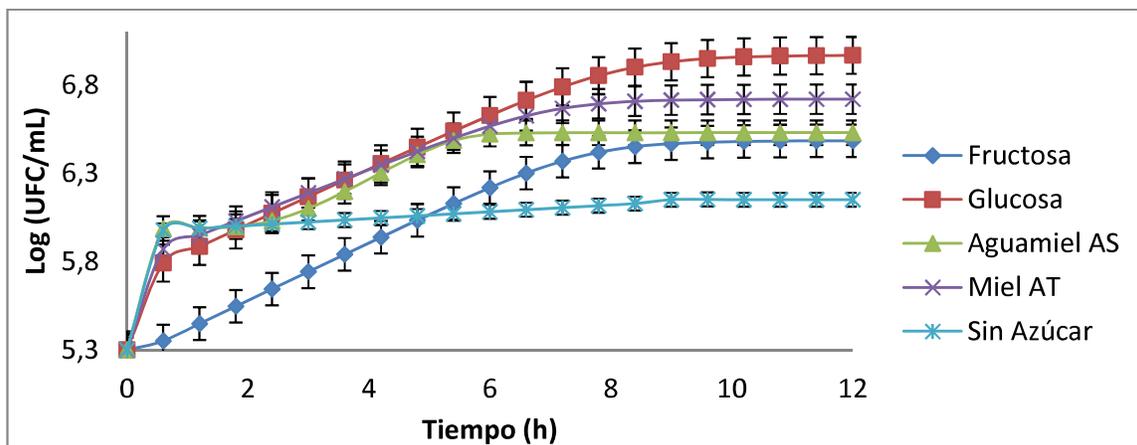


Figura 1. Cinéticas de crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* con diferentes fuentes de carbono a una concentración de 20g/L. Nota: n=3, existió diferencia significativa ($p < 0.05$) cuando se empleó el aguamiel de *Agave salmiana*, generando el mejor crecimiento comparado con las otras fuentes de carbono.

para generar el crecimiento de la bacteria. Las curvas indican que el crecimiento de esta bacteria fue favorable en el medio estándar de referencia MRS (con glucosa como fuente de carbono). Pero la velocidad de crecimiento es mayor cuando se emplea aguamiel de *Agave salmiana* como fuente de carbono.

En estudios realizados por (Vilet *et al.*, 2014; Escalante *et al.*, 2006 y Donkor *et al.*, 2007), se demostró la importancia de emplear fructo-oligosaricos en el crecimiento de bacterias ácido lácticas generándose la enzima β -fructofuranosidasa, la cual hidroliza los fructo-oligosacáridos en azúcares simples, permitiendo que la bacteria tenga en el medio más azúcar disponible para ser consumida y generar su crecimiento de manera óptima. De esta manera se puede explicar el crecimiento favorable en aguamiel de *L. delbrueckii*, encontrándose en el medio un fructo-oligosaridos (inulina) que degradará por el uso de la enzima β -fructofuranosidasa, generando mayor cantidad de azúcares simples como glucosa y fructosa que facilitarían el crecimiento de esta bacteria (Praznik *et al.*, 2013).

CONCLUSIÓN

La velocidad de crecimiento se encuentra relacionada con la fuente de carbono utilizada en el medio, dando el mejor crecimiento cuando se emplea el aguamiel de *Agave salmiana*, considerándose como un sustrato prebiótico para general el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

BIBLIOGRAFÍA

Donkor, O., A. Henriksson, T. Singh, T. Vasiljevic and N. Shah. 2007. ACE-inhibitory activity of probiotic yoghurt. *International Dairy Journal* 17(11): 1321-1331.

- Escalante, R., S. Hernández y R. Jiménez. 2006. Efecto del almidón resistente tipo II de malanga en bacterias probióticas y patógenas. p. 298-303. En: *Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico*. Tabasco, México.
- Feleszko W. and J. Jaworska. 2013. Chapter 26. Probiotics and prebiotics in Immune modulation. Pp. 357-370 En: *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases*. Elsevier. The Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, 654 p.
- García-Herrera, E., S. Méndez-Gallegos and D. Talavera-Magaña. 2010. El género *Agave* SPP en México: Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición* (5): 109-129.
- Miñana, V. 2007. Oligosacáridos en nutrición infantil: fórmula infantil, alimentación complementaria y del adolescente. *Acta pediátrica* (65): 175-179.
- Praznik W., R. Löppert, J. Cruz, K. Zangger and A. Huber. 2013. Structure of fructo-oligosaccharides from leaves and stem of *Agave tequilana* weber, var. azul. *Carbohydrate Research* 381:64-73.
- Rendón-Huerta, J. 2009. Fructanos de Maguey: Efecto prebiótico y metabólico. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Vilet L., M. García, R. Delgado, N. Corral, N. Cortez, M. Ruiz and D. Portales. 2014. *In vitro* assessment of agave fructans (*Agave salmiana*) as prebiotics and immune system activators. *International Journal of Biological Macromolecules* 63: 181-187.
- Whelan K. 2013. Mechanisms and effectiveness of prebiotics in modifying the gastrointestinal microbiota for the management of digestive disorders. *Proceedings of the Nutrition Society* 72(3): 288-298.

Extracción, Identificación y Capacidad Antioxidante de Polifenoles (antocianinas) de la Mora (*Rubus urticaefolius* poir R.)

Polyphenols (anthocyanins) Extraction, Identification, and Antioxidant Capacity in Blackberry (Rubus urticaefolius poir R.)

Nelson Humberto Hurtado Gutiérrez¹; Silvia Marcela Enríquez García²; María Jesús Cejudo Bastante³; Francisco José Heredia Mira³

1 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Química, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto-Colombia. nhurtado@unal.edu.co

2 Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Química, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto-Colombia. silvimarce99@hotmail.com

3 Profesor, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla-España. heredia@us.es, mjcejudo@us.es

Resumen. Usando cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas-ionización electrospray y resonancia magnética nuclear (RMN), se aislaron y determinaron inequívocamente como pigmentos mayoritarios la Cianidina-3-O-(6''-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido y la Cianidina-3-O- β -glucopiranosido. El análisis de la capacidad antioxidante (TEAC) y contenido de antocianinas de la fracción ERAs, muestra que el fruto en estudio puede ser una fuente potencial de compuestos antioxidantes para su uso en la industria de alimentos, farmacéutica o cosmética.

Palabras clave: Antocianinas, pigmentos, antioxidantes, *rubus urticaefolius*.

Abstract. Using liquid chromatography coupled to mass spectrometry-electrospray ionization and Nuclear Magnetic Resonance (NMR), were isolated and unambiguously identified as the major pigments cyanidin-3-O-(6''-O- α -rhamnopyranosyl) - β -glucopyranoside and cyanidin-3-O- β -glucopyranoside. Analysis of the antioxidant capacity (TEAC) and anthocyanins content of the fraction ERAs shows that the fruit under study can be a potential source of antioxidant compounds for use in the food industry, pharmaceuticals or cosmetics.

Key words: Anthocyanins, Pigments, Antioxidants, *Rubus urticaefolius*

INTRODUCCIÓN

Estudios epidemiológicos evidencian que las antocianinas reducen enfermedades coronarias además de minimizar los riesgos de cáncer y leucemia entre otras (Lee *et al.*, 20013). Hasta el momento no se encuentran publicaciones sobre la composición química y capacidad antioxidante de los polifenoles (antocianinas) de la especie *Rubus urticaefolius* poir R, por ello el estudio de este tipo de compuestos de su fruto despertó el interés en esta investigación.

MATERIALES Y METODOS

Los frutos frescos y maduros se lavaron y se maceraron por 8 horas en metanol-ácido acético (19:1, v/v). El solvente se removió bajo vacío y el residuo se liofilizó (extracto crudo, EC); este extracto se cargó sobre una columna con absorbente no iónico (Amberlita XAD-7). Los pigmentos absorbidos se lavaron y concentraron de acuerdo con el procedimiento descrito por Degenhardt *et al.*, (2000), el producto final fue un extracto enriquecido en antocianinas (ERAs). Posteriormente se separaron a partir del ERAs las antocianinas monoméricas (ERAMs) utilizando cromatografía de exclusión por tamaño (Sephadex) (Henke, 1996). La fracción monomérica se analizó por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y una posterior purificación se llevó a cabo usando HPLC preparativa. Los fenoles totales (FT) se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu (FC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparando la capacidad antioxidante (TEAC) del extracto crudo (EC) con datos bibliográficos obtenidos bajo las mismas condiciones (extracto crudo), se encontró que la especie de mora en estudio tiene un valor TEAC ($3,5 \pm 0,2 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta) superior a la especie de mora con mayor demanda comercial (*Rubus glaucus Benth* ($1,08 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta) (Garzón *et al.*, 2009), Sin embargo, el valor TEAC de la *Rubus urticaefolius* es menor que en la *Morus Nigra* ($14,0 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta), la *Morus alba* ($4,49 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta) y *Morus rubra* ($5,5 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta) (Gundogdua *et al.*, 2011). Fue evidente además que debido al mayor contenido fenólico del extracto rico en antocianinas (ERAs: $298,3 \pm 0,7 \text{ mg A. gálico/100g}$ fruta, EC: $164,3 \pm 0,3 \text{ mg A. gálico/100g}$ fruta) éste presenta una mayor capacidad antioxidante TEAC que el extracto crudo (ERAs: $9,3 \pm 0,6 \mu\text{mol Trolox/g}$ fruta). En la Figura 1 se muestra el cromatograma HPLC a 520 nm del ERAMs, en este se observan dos antocianinas mayoritarias, los picos 1 y 2

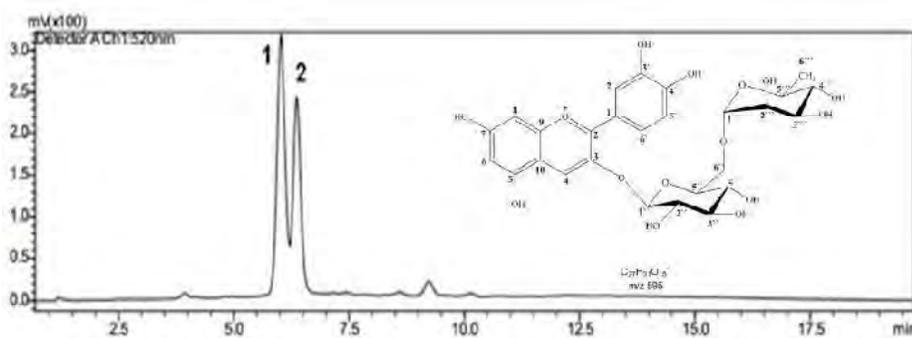


Figura 1. Perfil cromatográfico HPLC-MS de la fracción ERAMs.

(tiempos de retención de 5,9 y 6,3 min) que representan ~96,3 % del área total.

Identificación de Antocianinas. Después de purificar los compuestos mayoritarios se registraron los espectros UV-Vis. Los máximos de absorción para las antocianinas 1 y 2 fueron 514 y 518 nm respectivamente, la ausencia de absorción en la región 310-335 nm permite afirmar que en ninguna de las dos moléculas existe acilación; además, los dos pigmentos presentan una relación $A_{440}/A_{\lambda_{\text{vis-max}}}$ mayor que 30 % (Antocianina 1: 31,0 % y antocianina 2: 32,5 %) que evidencia una sustitución en la posición C3 de las moléculas (Wrolstad, 2005).

Del espectro de Masas-Ionización Electro Spray (ESI-MS) de la señal 1 (Figura 1) se pudo establecer que esta molécula tiene un peso molecular de $595[M]^+$; así mismo, la presencia de un ion m/z $287[M-162-146]^+$ permitió postular que este compuesto tiene como aglicona a la cianidina. El ion perteneciente a la aglicona se generó por la pérdida de 308u a partir del ion molecular; esta pérdida puede corresponder a la eliminación de dos unidades de azúcar, una de 162u; posiblemente glucosa y otra de 146u, posiblemente una ramnosa o un grupo cumaroil). En el espectro de masas se observó además un ion a m/z $449[M-146]^+$ generado por una pérdida de 146u (una ramnosa o grupo cumaroil), se descartó la presencia del grupo acilo debido a que la relación $A_{\text{acil}}/A_{\lambda_{\text{vis-max}}}$ es menor a 0,4 (A_{λ} 320/520: 0,10) (Wrolstad, 2005). El análisis del espectro de masas de la señal 2 mostró un peso molecular de $449 [M]^+$ y un fragmento en m/z $287[M-162]^+$ que puede corresponder igualmente a una cianidina; este ion se genera por la pérdida de 162u (posiblemente una unidad de glucosa).

Para confirmar estas características estructurales y elucidar completamente las moléculas, los dos compuestos se analizaron por espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN). En la parte del campo bajo del espectro de RMN 1H del compuesto 1 se observaron seis resonancias (8,05; 7,04; 8,24; 6,80; 6,59;

8,92 ppm). Con base en el desplazamiento químico y patrones de acoplamiento, la señal a 8,05; 7,04 y 8,24 ppm se asignó a H-2', H-5' y H-6' respectivamente. Se asignaron los 2H a 6,80 y 6,59 como H-8 y H-6, y el singlete a 8,92 ppm como H-4. Los desplazamientos químicos del ^{13}C y el experimento HSQC confirmó la identidad de la aglicona como cianidina. Mediante el análisis de los espectros COSY, HSQC y HMBC fue posible asignar las resonancias 1H y ^{13}C de los azúcares, los cuales se identificaron como unidades glucopiranosil y ramnopiranosil; además, se estableció por HMBC el sitio de enlace de los azúcares a la aglicona. Correlaciones en el espectro HMBC de esta molécula a 5,20/142,8 ppm ($H1''/C3$) y 4,60/68,2 ($H1'''/C6''$) muestran que una unidad de glucosa está unida a la aglicona en la posición 3 y la unidad de ramnosa está unida a la glucosa en la posición 6''. La configuración β de la glucosa se confirmó por la magnitud de la constante de acoplamiento $J_{1''2''}$ ($J=7,8$ Hz) en el espectro RMN 1H . Experimentos HSQC y las constantes de acoplamiento están de acuerdo con una unión α -ramnopiranosil. Los datos UV-Vis, HPLC-MS y RMN del pigmento 1 están en concordancia con la Cianidina-3-O-(6''-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido (Figura 1). De la misma forma se encontró que la identidad del compuesto 2 corresponde a la molécula Cianidina-3-O- β -glucopiranosido. Finalmente se debe destacar que diferentes autores han investigado las propiedades bioactivas de estos dos compuestos, por ejemplo, Chen *et al.*, (2006) establecieron que la Cianidina-3-O-(6''-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido y la Cianidina-3-O- β -glucopiranosido inhiben el cáncer de pulmón.

CONCLUSIÓN

Se identificaron inequívocamente la cianidina-3-O-(6''-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido y la cianidina-3-O- β -glucopiranosido como las antocianinas mayoritarias presentes en la Mora. El extracto purificado (ERAs) mostró mayor capacidad para capturar el radical ABTS que el EC; esto se debe al mayor contenido de polifenoles en este extracto

producto de su enriquecimiento mediante cromatografía en columna (Amberlita XAD-7). Adicionalmente, el análisis de la capacidad antioxidante (TEAC) de la fracción ERAs muestra que el fruto en estudio puede ser una potencial fuente de compuestos antioxidantes para su uso en la industria de alimentos, farmacéutica o cosmética.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por la Universidad de Nariño.

BIBLIOGRAFIA

Chen, P.N., S.C. Chu, H.L. Chiou, W.H. Kuo, C.L. Chiang and Y.S. Hsieh. 2006. Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. *Cancer Letters* 235(2): 248-259.

Dehenhardt, A., H. Knapp and P. Winterhalter. 2000. Separation and purification of anthocyanins by high-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity. *Journal*

Agriculture and Food Chemistry 48 (2): 338-343.

Garzón, G.A., K.M. Riedl, and S.J. Schwartz. 2009. Determination of Anthocyanins Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity in Andes Berry (*Rubus glaucus Benth*). *Journal Food Chemistry* 74(3): 227-232.

Gundogdua, M., F. Muradoglu, R.I. Gazioglu and H. Yilmaz. 2011. Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L, *Morus alba* L, and *Morus rubra* L by HPLC. *Scientia Horticulturae* 132 (5): 37-41.

Henke, H. 1996. Preparative Gel Chromatography on Sephadex LH-20. *Journal Fur Praktische Chemie Chemiker-Zeitung* 338 (1): 291-295.

Lee, J.H., J.D. Lim and M. Choung. 2013. Studies on the anthocyanin profile and biological properties from the fruits of Siberian Ginseng. *Journal of Functional Foods* 5(1): 380-388.

Wrolstad, R., R. Durst and J. Lee. 2005. Tracking color and pigment changes in Anthocyanins products. *Trends in Food Science and Technology* 16 (9): 423-428.

Caracterización de las Fracciones Protéicas de la Microalga *Spirulina (Arthrospira máxima)*

Characterization of the Protein Fractions from the Microalgae *Spirulina (Arthrospira maximum)*

Juan Carlos Letelier Carvajal¹; Sergio Marqués de Lucena²

(1) Profesor Asociado, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Alimentos, Universidad de Antofagasta, Angamos 601, juan.letelier@uantof.cl

(2) Ms.Sc. Ciencia y Tecnología en Alimentos. Instituto de Policía Científica de Paraíba, João Pessoa, Brasil, sergiolucena@yahoo.com.br

Resumen. La *Spirulina (Arthrospira máxima)* es una microalga unicelular, que tiene forma de filamento helicoidal y se desenvuelve en aguas fuertemente alcalinas, pertenece al grupo de cianobacterias, también denominadas cianofíceas o algas verde-azuladas, tiene un potencial contenido en proteínas alimentarias, por lo cual han sido utilizadas desde tiempos antiguos en la alimentación humana. Este trabajo tiene como objetivo principal, el caracterizar las diferentes fracciones proteicas de la microalga *Spirulina (Arthrospira máxima)*. Para la identificación de las diferentes fracciones proteicas se utilizó el método propuesto por Osborne. Los resultados obtenidos indican la presencia de las siguientes fracciones proteicas: albumina (37,03%), glutelina básica (31,65 %), globulina (21,27%), prolamina (4,0%) y de glutelina ácida (0,98%). El índice de proteína total extraída en

el fraccionamiento de la harina desengrasada de la microalga, alcanzó un valor de 93,17 %. Con los resultados obtenidos se puede concluir que los índices de las fracciones proteicas predominantes son la albumina, glutelina básica y globulina. Las fracciones proteicas de prolaminas y glutelina ácida se observaron en menor cantidad. El porcentaje de proteína total extraída se considera alto en relación a otros estudios realizados con proteínas vegetales.

Palabras clave: Cianobacterias, albumina, prolamina, glutelina, globulina, harina.

Abstract. *Spirulina (Arthrospira máxima)* are unicellular microalgae, with a helical filament shaped and a growth in highly alkaline waters. Belong to the cyanobacteria group also known as cyanophytes or blue-green algae. It has

protein content with a potential use in foods which have been used since ancient times in the human diet. The aim of this work was to characterize the different protein fractions from *Spirulina (Arthrospira máxima)* microalgae. The method proposed by Osborne was used for the identification of different protein fractions. The results indicate the presence of the following protein fractions: albumin (37.03%), basic glutelin (31.65%), globulin (21.27%), prolamina (4.0%) and glutelin acid (0.98%). The rate of total protein extracted in the fractionation of defatted flour microalgae reached a value of 93.17%. With the results it can be concluded that the rates of the predominant protein fractions were albumin, globulin and glutelin basic. The prolamin and glutelin acid protein fractions were observed in smaller amounts. The percent of total extracted protein was considered high in relation to vegetable protein studies.

Key Words: Cyanobacterium, albumin, globulin, prolamin, glutelin, flour.

INTRODUCCIÓN

Generalmente las proteínas son clasificadas en cuatro grupos: globulinas, albuminas, prolaminas y glutelinas, esta clasificación es realizada en base a las solubilidades respectivas de cada una de ellas en diferentes tipos de soluciones (salinas, ácidas y básicas). Según Farfán (1994), las proteínas pueden ser clasificadas en base a tres criterios diferentes: bioquímicamente, en proteínas funcionales y/o proteínas estructurales, otra clasificación es según su complejidad (según el grupo protético que tengan) y finalmente una clasificación basada en su solubilidad.

Las globulinas coagulan con temperatura altas y presentan insolubilidad en agua y solubilidad en soluciones salinas. (Sánchez-Vioque *et al.*, 1999). Las albuminas son solubles en agua, coagulables por el calor, podemos encontrarlas en el huevo, leche y suero sanguíneo. (Duranti y Gius, 1997). Las prolaminas son insolubles en agua y soluciones salinas y solubles en soluciones alcohólicas. Se pueden encontrar en el maíz y trigo. Las glutelinas son solubles en soluciones ácidas y alcalinas diluidas e insolubles en agua, soluciones salinas y alcohólicas, las podemos encontrar en el trigo y arroz. También pueden ser solubles en soluciones ácidas (glutelina ácida) y soluciones alcalinas (glutelina básica). Es importante resaltar que independiente de que las glutelinas y las prolaminas constituyen grupos diferentes de proteínas, ellas tienen estructuras similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para identificar y cuantificar los diferentes tipos de proteínas que existen en la microalga *Spirulina*, se utilizó el sistema de clasificación propuesto por Osborne, descrito por Queiroga-Neto (2005), el cual indica una dilución de 15 g harina desengrasada en una solución salina (NaCl 0,5M) en proporción de 1:10 (p/v), una agitación durante 4 horas (5°C), seguida de una centrifugación (4°C, 5000G, 30 min.), el residuo 1 fue rediluido y extraído bajo las mismas condiciones, con la finalidad de mejorar el rendimiento de extracción y minimizar la presencia de las fracciones proteicas solubles en dicho solvente extractor y otros que son utilizados posteriormente. Los extractos obtenidos luego del filtrado en papel filtro cualitativo, fueron reunidos y sometidos a diálisis en agua destilada durante 74 horas (5°C), luego fue realizada una nueva centrifugación, en las mismas condiciones anteriores. El nuevo extracto obtenido representó el volumen que contiene la fracción de albumina y el precipitado, luego de ser re-diluido, en 15mL de NaCl 0,5M es re-dializado, este representó a la fracción de globulina. Para la obtención de las otras fracciones el proceso inicial anteriormente descrito fue repetido a partir del residuo (2), solamente cambiando el tiempo de agitación a 2 horas. Para la fracción de prolaminas el solvente extractor fue etanol 70% en el residuo (2), y en los residuos (3) y (4), en el caso de la glutelina ácida se utilizó ácido clorídrico 0,1M e hidróxido de sodio 0,1M para la fracción de glutelina básica. Cada una de las fracciones fueron sometidas al proceso de liofilización y acondicionadas en un depósito de vidrio oscuro hasta su posterior utilización y análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1. se presenta la proporción relativa de las fracciones proteicas de la microalga *Spirulina*, que fueron separadas de acuerdo con sus solubilidades en diferentes sistemas de solventes.

Tabla 1. Contenido de Proteínas de las fracciones proteicas de la microalga *Spirulina*, según su solubilidad.

	Índices	
	PFD*	PTE (%)
Albumina	36,61 ± 1,46	37,03
Globulina	21,03 ± 0,87	21,27
Prolamina	3,95 ± 0,03	4,00
Glutelina básica	31,29 ± 0,73	31,65
Glutelina ácida	0,29 ± 0,32	0,98
Proteína extraída	93,17 %	---

LEGENDA: PFD – proteína da farinha desengordurada; PTE – proteína total extraída; (%) – porcentagem.

De acuerdo con los resultados presentados, se puede observar que los índices de las fracciones predominantes son las de albumina (37,03%), de glutelina básica (31,65 %) y globulina (21,27%). En menor índice, las fracciones de prolamina (4,0%) y de glutelina ácida (0,98%). Comparando estos resultados con algunas investigaciones realizadas con proteínas vegetales, Queiroga-Neto (2005) estudiando las proteínas de la fava de murciélago, llegó a la conclusión de que las globulinas (50,5%) y albuminas (24,1%), representan las fracciones en cantidades mayores y que la glutelina ácida (1,9%) y glutelina básica (11,9%) y prolamina (0,3%) se encuentran en cantidades menores. Adebowale *et al.*, (2007), obtuvo para la mucuna una fracción mayoritaria la albumina (69,74%), seguida de la globulina (24,3%), prolamina (15,4%) y glutelinas (0,25%). Todos estos datos demuestran la gran diferencia entre las fracciones de la proteína de la microalga Spirulina y las proteínas vegetales.

El índice de proteína total extraída en el fraccionamiento de la harina desengrasada de la microalga Spirulina, alcanzó un valor de 93,17 %, comparando estos resultados con otros estudios se puede observar que el valor fue superior al de la fava de murciélago (88,79%) (Queiroga Neto, 2005) y de la castaña de Pará (91,73%) (Ramos, 2003).

CONCLUSIÓN

Según los objetivos propuestos y los resultados obtenidos se puede concluir que el modelo de clasificación de proteínas indicó que las albuminas, glutelina básica y globulinas se encuentran en proporciones mayores, en relación a las prolaminas y glutelina ácida.

BIBLIOGRAFÍA

- Adebowale, Y.A., I.A. Adeyemi, A.A. Oshodi, K. Niranjana. 2007. Isolation, fractionation and characterisation of proteins from Mucuna bean. *Food Chemistry* 104(1): 287–299.
- Duranti, M. and C. Gius. 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Research* 53(1-3): 31-45.
- Queiroga-Neto, V. 2005. Caracterização físico-química e nutricional do óleo e proteínas de amêndoas de fava de morcego (*Dipteryx lacinifera*). Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba.
- Ramos, C. M. P. and P. S. B. Bora. 2003. Extraction and characteristics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK) globulin. *Food Science Technology International* 9 (4): 265-270
- Sánchez-Vioque, R., A. Clemente, J. Vioque, J. Bautista and F. Millán. 1999. Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): Chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry* 64(2): 237-243.

Valor Nutricional de una Pasta Alimenticia Elaborada con Harina de *Manihot esculenta* Crantz y *Moringa oleifera*. *Nutritional Value of Food Pasta Made with Flour of Manihot esculenta Crantz and Moringa oleifera.*

Catherine Rodríguez Mogollón¹; José Alejandro Orozco Ochoa²; Jacqueline Chávez Galvis³

- 1 Ingeniera Agroindustrial. Joven Investigadora del Grupo de Investigación GIPTA. Universidad Popular del Cesar – Seccional Aguachica. Aguachica, Colombia. <crodriguez@unicesar.edu.co>
- 2 Ingeniero Agroindustrial. Docente investigador, director del semillero APROAGRO e integrante de Grupo de Investigación GIPTA. Programa de Ingeniería Agroindustrial Universidad Popular del Cesar – Seccional Aguachica. Carrera 40 vía al mar. Aguachica, Colombia. <joseorozco@unicesar.edu.co>
- 3 Ingeniera Agroindustrial. Docente Investigadora, directora del semillero PLANPRO y del Grupo de Investigación GIPTA. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Popular del Cesar – Seccional Aguachica. Carrera 40 vía al mar. Aguachica, Colombia. <jchavez@unicesar.edu.co>

Resumen. Se evaluó la calidad nutricional de pastas alimenticias elaboradas con sustitución parcial de harina de yuca y polvo de moringa en fracciones porcentuales de 2:9 (T1), 2:13 (T2), 6:9 (T3) y 6:13 (T4) respectivamente. Se analizó el nivel nutricional de cada mezcla, determinando proteínas, humedad, acidez y ceniza; así como pruebas de calidad culinaria como herramienta de evaluación de la estabilidad en la preparación. Los resultados del análisis fisicoquímico y las pruebas de cocción mostraron diferencias

significativas entre la cantidad de nutrientes de pastas de trigo comerciales y las pastas formuladas. El tratamiento dos (T2) reveló mejores resultados, donde se destaca su alta aceptación en la prueba sensorial en cuanto a sabor y color frente a los otros tratamientos, además de sus cualidades fisicoquímicas (14,45% de proteína; 12% de humedad; 1,16% de grasa; 1,2% de fibra, cenizas 12,55%, hierro 59 mg/kg y calcio 0,22%).

Palabras clave: Moringa, nutricional, pastas, porcentaje de sedimentación, proteínas, tolerancia a la cocción.

Abstract. The nutritional quality of processed pasta with partial substitution of cassava flour and powdered moringa in percentage fractions of 2:9 (T1) 2:13 (T2), 6:9 (T3) and 6:13 (T4) was evaluated respectively. Nutritional status of each mixture was analyzed by determining protein, moisture, ash and acidity; and cooking quality tests as a tool for assessing the stability of the preparation. The results of physicochemical analysis and baking tests showed significant differences between the amount of nutrients in commercial wheat pasta and the samples. Treatment two (T2) showed better results, which highlights its high acceptance in the sensory test for flavor and color compared to other treatments in addition to their physicochemical properties (14.45% protein, 12% moisture; 1.16% fat, 1.2% fiber, ash 12.55%, iron 59 mg / kg and 0.22% calcium).

Key words: Moringa, nutritional, pastas, sedimentation rate, protein, cooking tolerance.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie de valor energético importante, sus raíces son fuente importante de hidratos de carbono y sus hojas de proteínas, minerales y vitaminas; en la industria se utiliza en la producción de almidón (Ceballos, 2002). La moringa (*Moringa oleifera*); planta nativa de la región de África oriental, de gran aporte proteico, las hojas, frutos y vainas poseen un alto valor nutricional como fuente de proteínas, grasa, calcio, hierro, potasio, vitamina C y carotenos (Alfaron y Martínez, 2008). La pasta es un alimento de aceptación mundial por su versatilidad, economía y fácil preparación (Granito y Ascanio, 2009), el propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de yuca y polvo de moringa en la calidad nutricional y culinaria de una pasta alimenticia compuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial con dos factores (harina de yuca y polvo de moringa), cada uno determinado por dos concentraciones diferentes, con cuatro repeticiones y replicas por triplicado. La harina de trigo empleada cumple con la NTC 267, (producida Molinos del Atlántico S.A). Se utilizó yuca (*Manihot esculenta* Crantz), variedad Cogollo Morado, La yuca se pelo y rebano (espesor de $0,50 \pm 0,05$ cm), se congelaron a temperatura aprox. -10°C para su preservación, se secaron a temperatura de $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 6 horas; se

trituraron en un molino de disco (Corona) (0,8 mm diámetro de partícula) y se almacenaron en frascos de polipropileno (Jisha *et al.*, 2008). Se empleó *Moringa oleifera* suministrada por BIOAGRARIUS S.A, clasificándola de acuerdo a la edad y tono de las hojas, se trataron con solución de hipoclorito de sodio (50 ppm), se secaron a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 horas, se trituraron y tamizaron a un diámetro de 0,8 mm; se almacenó en frascos de polipropileno (adoptado Ruiz Funes, 2001 (Ruiz, 2011). Las pastas se formularon sustituyendo harina de trigo harina de yuca (2% y 6%) y moringa (9% y 13%).

Tabla 1. Formulación de las pastas.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T0
Fase solida (74%)					
Harina de Trigo (Ht)	88,2	84,2	84,2	80,2	Testigo comercial
Harinade yuca (Hy)	2	2	6	6	
Moringa en polvo (Pm)	9	13	9	13	
Sal (s)	0,8	0,8	0,8	0,8	
Fase liquida (26%)					
Agua (a)	98,6	98,6	98,6	98,6	
Colorante (col)	1,4	1,4	1,4	1,4	

Se utilizó una extrusora marca SEVE; mezclando los sólidos por 3 minutos, se agregó agua y colorante mezclando por 10 minutos más hasta obtener una buena plasticidad; se moldeó (macarrones de 3 cm longitud). Se secaron en bandejas a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 2 horas, se enfriaron a $30 \pm 5^{\circ}\text{C}$. A las pastas se les analizó humedad (NTC 529), cenizas (NTC 282), proteínas (NTC 282), y acidez (NTC 218). Se evaluó parámetros de tiempo de cocción (TC), porcentaje de sedimentación (PS), índice de tolerancia a la cocción (TaC), ganancia de peso (GP) y grado de hinchamiento (GH) (Bustos-Vázquez *et al.*, 2007). Se aplicó análisis de varianza (ANOVA), interacción y comparación de medias mediante software IBM SPSS Statistics 19©. El nivel de probabilidad empleado fue del 95% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad se mantuvo estable con 11% promedio (Tabla 2). La acidez presentó diferencia significativa entre T0 y los demás tratamientos debido a la naturaleza de las materias primas empleadas.

Tabla 2. Composición fisicoquímica de las pastas alimenticias compuestas.

Tto.	Variables			
	Humedad (%)	Acidez (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)
T0	10,90±0,00 a	0,370±0,000 c	0,58±0,00 a	10,20±0,00a
T1	11,21±1,24 a	0,385±0,010 a	2,24±0,05 b	11,26±0,20ec
T2	12,11±0,65 a	0,355±0,013 b	2,52±0,07 c	11,90±0,10b
T3	11,71±0,82 a	0,385±0,010 a	2,32±0,04 d	11,08±0,12c
T4	11,50±0,89 a	0,390±0,008 a	2,61±0,04 e	11,47±0,13d

Valores con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$.

Las cenizas presentaron diferencias significativas en los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) con respecto al T0 con aumentos del 1,66%, 1,94%, 1,74% y 2,03% respectivamente. Se destaca el aumento de proteínas de las pastas alimenticias compuestas, siendo T2 el mejor en proteínas con respecto a T0 con una ganancia de 1,7%.

Calidad culinaria de las pastas. El TC para cada formulación disminuyó en 10 minutos frente al T0, facilitando su preparación (Tabla 3). El GH fue menor para los tratamientos formulados variando entre sí en un 15,13%, 13,98%, 11,30% y 10,95%. La GP no presentó diferencias significativas; se presentó mayor PS en las formulaciones debido a la estabilidad de los componentes en la mezcla. Los tratamientos T3 y T4 registran un menor TaC lo que puede afectar considerablemente la textura de las pastas.

El mejor tratamiento fue T2, manteniendo un nivel de proteína del 11,9%. La Tabla 4 muestra la composición de esta formulación en comparación con T0.

CONCLUSIÓN

Las pastas alimenticias elaboradas con harina de yuca y moringa, presentaron características fisicoquímicas y culinarias aceptables para este tipo de producto, por lo que pueden ser consideradas materias primas promisorias para la elaboración de pastas alimenticias. La sustitución de harina de trigo con un 2% de harina de yuca y 13% de polvo de moringa permitió obtener un producto de mayor calidad nutricional, superando significativamente la muestra control, sin presentar valores críticos que influyeran en la calidad de las pastas. La calidad de cocción del tratamiento control presentó mejores características, sin embargo las propiedades culinarias de los tratamientos formulados se mantienen dentro de los rangos adecuados para su preparación.

Tabla 3. Calidad de cocción de pastas alimenticias compuestas.

Tto	Variables		
	TC (min)	TaC (min)	GP (g/100g)
T0	18,00 ± 0,00 a	8,00 ± 0,00 a	125,70 ± 0,00 a
T1	8,62 ± 0,25 b	8,62 ± 0,25 b	127,15 ± 3,30 a
T2	8,25 ± 0,29 b	7,12 ± 1,11 a	128,32 ± 8,48 a
T3	8,62 ± 0,48 b	4,87 ± 1,03 b	130,05 ± 8,06 a
T4	8,37 ± 0,25 b	4,87 ± 1,60 b	130,25 ± 6,21 a
	PS (%)		GH (%)
T0	4,10 ± 0,00 a		54,90 ± 0,00 a
T1	7,10 ± 1,43 b		39,77 ± 2,64 b
T2	6,42 ± 2,32 b		40,92 ± 3,49 bc
T3	7,62 ± 1,00 b		43,60 ± 2,41 c
T4	6,97 ± 1,34 b		43,95 ± 2,11 c

TC: Tiempo de cocción, TaC: Tolerancia a la cocción; GP: Ganancia de peso; PS: Porcentaje de sedimentación; GH: Grado de Hinchamiento. Valores con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas $p \leq 0,05$.

Tabla 4. Composición química de pastas alimenticias.

Variables	T0	T2
Humedad (%)	11,00	12,00
Cenizas (%)	0,60	2,55
Proteínas (%)	10,70	14,40
Grasas (%)	0,17	1,16
Fibra cruda (%)	0,90	1,20
Calcio (%)	0,19	0,22
Hierro (mg/Kg)	44,00	59,00

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En CIAT, La yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali. pp. 1.
- Alfaron, N. C y W. Martínez. 2008. Uso potencial de la moringa (Moringa oleifera, Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Guatemala: INCAP. En: redmarango.una.edu.ni/documentos/18-uso-alimentacion-moringa.pdf.
- Granito, M y V. Ascanio,. 2009. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición:71-77.
- Jisha, S., *et al.*, 2008. Pre-treatment effect on the nutritional and functional properties of selected cassava-based composite flours. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9(4): 587-592.
- Ruiz-Funes, L.E. 2011. Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (Moringa oleifera) y su respectiva evaluación nutricional. Trabajo de grado. Ingeniero Químico, Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. 365 p.
- Bustos-Vázquez, Z. G., *et al.*, 2007. Evaluación de la calidad culinaria y durante su cocimiento de una pasta elaborada a partir de sémola de cebada y trigo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 6 p.

Evaluación de las Propiedades Funcionales y Carotenoides en la Harina de Zapallo (Cucúrbita moschata Dutch)

Evaluation of the Functional Properties and Carotenoids in Flour Pumpkin (Cucúrbita moschata Dutch)

Julián Rojas Pérez¹; Pedro Vanegas Mahecha²; Hugo Alexander Martínez-Corre.³

1 Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ingeniería y Administración. Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales-GIPA, Cra 32 No.12-00. Palmira. Colombia jarojaspe@unal.edu.co; pvanegasmah@unal.edu.co; hamartinezco@unal.edu.co

Resumen. En este trabajo se presentan los resultados del proceso de obtención de la harina de zapallo (*Cucúrbita moschata Dutch*) y la evaluación de algunas propiedades físico químicas y funcionales. Para producir la harina, frutos de zapallo fueron sometidos a secado con aire caliente a una velocidad de 4 m.s⁻¹, espesor de capa de 0,05 m y variando la temperatura (45, 55 y 65°C). La cinética de secado se caracterizó por un período de velocidad constante con valores de 0,27, 0,32 y 0,47 kg de agua.m².h⁻¹. Los carotenoides mostraron una mayor degradación a medida que aumentó la temperatura (650,78 μg.g⁻¹) para 45°C. Se presentaron variaciones en el color con la temperatura, obteniéndose menores valores para los parámetros L*, a* y b* para la temperatura de 65°C. Las pruebas funcionales no mostraron diferencias significativas (p<0,05) para las condiciones de temperatura durante el secado.

Palabras clave: carotenoides, harina de zapallo, propiedades funcionales

Abstract. In this paper are shown the results of process of obtaining pumpkin (*cucurbita moschata Dutch*) flour and evaluation of some chemical, physical and functional properties. To produce pumpkin flour, fruits were subjected to hot air drying at speed of 4 m.s⁻¹, layer thickness 0.005 m, and the temperature between (45, 55 y 65°C). The drying kinetic was characterized by a period of constant velocity, throwing values of 0.27, 0.32 y 0.47 kg de agua.m².h⁻¹. Carotenoids presented a highest degradation increased as the temperature of the process increased. The highest content of carotenoids (650.78 μg.g⁻¹) was obtained at 45 °C. Variations were presented in color with temperature, obtaining lower values for the parameters L*, a*, and b* for 65°C. Functional test did not show significant differences (p<0.05) for the temperature conditions during drying.

Key words: carotenoids, flour, functional properties.

INTRODUCCIÓN

El zapallo (calabaza) es una hortaliza con una amplia gama de usos debido a los diversos compuestos que en ella se pueden

encontrar. Es una fuente rica en: vitaminas, minerales, proteínas, pectina, carotenoides, compuestos fenólicos, terpenoides y fibra. Estos compuestos tienen un alto valor nutricional entre los que se encuentran los carotenoides (pro-Vitamina A) que son antioxidantes capaces de captar radicales libres en el organismo. Actualmente ésta hortaliza se utiliza para diversos productos alimentarios (Arguiñano, K et al. 2001). Para obtener la harina se utilizó el secado con aire caliente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la variación de la temperatura en la cinética de secado y en las propiedades físicoquímicas y funcionales de la harina de zapallo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Obtención de la harina: el zapallo se obtuvo en el mercado local de Palmira (Colombia), se acondicionó y se extrajo la pulpa la cual fue cortada en tirillas de 4 cm x 0.3 cm y se sometió a un prensado obteniendo una papilla, la cual se deshidrató en un secador de bandejas (SEQFIQ), con balanza(model LAW-3015) acoplada para registro de pérdida de peso, a temperaturas 45, 55 y 65 pc, un espesor de capa de 0,05 m y velocidad de aire de 4,0 m. La relación de humedad se expreso como RH= Ht/Hi (Ht: humedad tomada cada 10 minutos, Hi: humedad inicial). La muestra seca se redujo de tamaño en un molino de rotores (Fritsch Pulverisette 14 made in Germany), se empacó en bolsas de polietileno recubiertas por aluminio a una temperatura de 10°C

Contenido de carotenos totales: La prueba para carotenos totales se realizó según Ordóñez-Santos et al., (2009). Con una pequeña modificación, Se pesa 0,1 gramos de muestra en un erlenmeyer por duplicado, y se le agrega 25 mL de la solución extractora compuesta por Hexano, Acetona y Etanol, en una relación 2:1:1 (v/v), que son cubiertos con papel aluminio, la mezcla se somete a agitación magnética por 10 minutos, después de este tiempo se adicionan 10 mL de agua destilada y se continua con la agitación por 5 minutos más, la muestra se deja reposar 10 minutos y se realiza la extracción

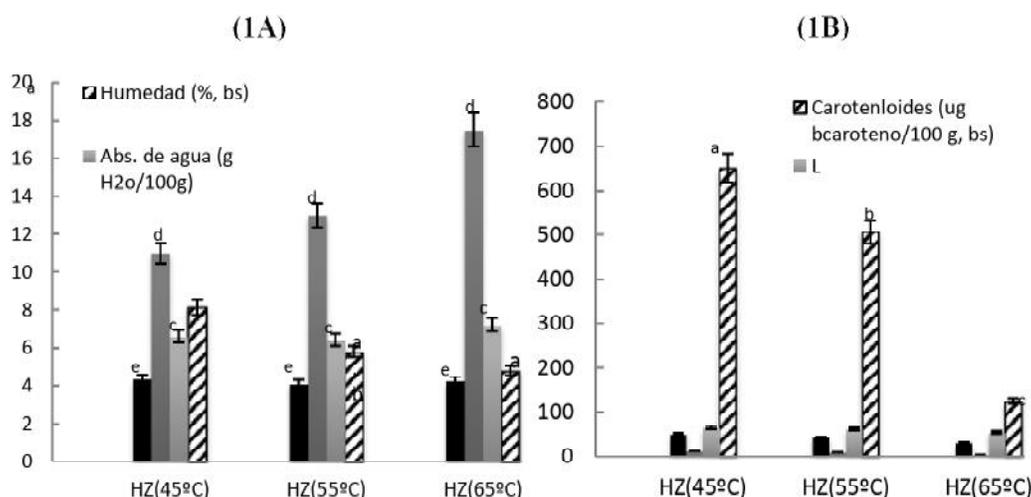


Figura 1. Propiedades funcionales de la harina de Zapallo (HZ) a diferentes condiciones de secado

de la capa menos densa de carotenos disperso en el hexano, la cual se comparó con una muestra de hexano puro tomada como el blanco en el espectrofotómetro a una ABS 450nm. La concentración del carotenoides en el extracto de hexano se determinó de acuerdo a la ecuación:

$$\frac{\text{.g carotenos totales}}{100\text{g harina}} = \frac{(A_{450} * 537 * V)}{g * 137,4}$$

Dónde: A450: es la absorbancia del carotenoides a 450nm.
537: es el peso molecular del carotenoides en g/mol,
V: es el volumen de la capa de hexano
137,4: es el coeficiente de extinción del caroteno en hexano en mM⁻¹
g: es el peso de la muestra en gramos.

Luego los valores se dividieron por el porcentaje de materia seca contenido en las muestras para expresar los valores en base seca.

Pruebas funcionales y físicas: Fue realizado análisis proximal en la materia prima (AOAC, 1990). En cada una de las muestras de harina se efectuó: capacidad de absorción de aceite (CAG) por el método utilizado por (Franca *et al.* 2012); solubilidad en agua (SA) y absorción de agua (CAA) de acuerdo con (Fei *et al.*, 2008). El color se evaluó tomando una porción de harina y midiendo con un colorímetro (colorímetro CR-410 konica Micolta) los parámetros de la respuesta estaban en la escala CIELAB se utilizó el iluminante D65 y las mediciones fueron llevadas a cabo para un ángulo observador de 2°. El contenido de carotenos totales se realizó según (Ordóñez *et al.*, 2008). Se midieron propiedades físicas como: densidad real (DR); densidad aparente (DA) y porosidad (P).

Análisis estadístico: los resultados de este estudio son presentados como las medias ± desviación estándar de los 3 experimentos. El estudio de la significación se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre las medias se identificó a través del test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas funcionales no mostraron diferencias significativas $p < 0,05$ (Tabla 1). La CAA arrojó valores que se encontraban en un rango de 6,4 a 7,2 g de agua/g harina y la SA fue de 11 a 17,5% respectivamente, la SG (a 5000rpm) un valor de 4.23 mL /g harina. La absorción de agua y aceite, pueden indicar la capacidad de hinchamiento y con el volumen por consiguiente mejorando la retención de flavor y su apreciación en la boca, encontrándose asociado al contenido de proteína (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de la harina de zapallo.

Determinación (%)	Tsecado (45°C)	Tsecado (55°C)	Tsecado (65°C)
Materia seca	86.62	87.56	92.66
Cenizas	13.36	13.68	8.31
Proteína	16.22	12.05	7.55
Extracto étereo	4.82	4.40	1.22
Carbohidratos	39.52	44.91	62.27
Fibra detergente	26.08	24.96	20.65

CONCLUSIÓN

Al igual que la tasa de secado, las cualidades funcionales de la harina de zapallo están directamente influenciadas por el cambio

en la temperatura del aire de secado, a temperaturas superiores a 45°C hay una mayor degradación tanto de los carotenoides como parámetros de color de la harina, características de importancia en la calidad final del producto. Para el secado de harina de zapallo, lo ideal es trabajar con temperaturas que se encuentre alrededor de los 50°C, lo cual arrojará excelentes rendimientos con respecto a la tasa de secado y aportará la conservación de las cualidades organolépticas y nutricionales del producto

BIBLIOGRAFIA

AOAC .1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed., Arlington, Virginia, USA. METODOS números. 981.12; 932.12; 942.15; 930.15; 920.39; 942.05; 955.04 y 962.09.
Arguiñano, K. 2001. Verduras, hortalizas y legumbres. Guía de Alimentación y Nutrición N° 4.
Franca, N.O. 2012. Functional Properties of Four Cucurbits

Found in Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition 11 (6): 507-510.

Fei Q., M. Linchun, X. Fang and T. Wu. 2008. Comparison of hot air drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbitamoschata*Duch.) flours. International Journal of Food Science and Technology, 43(7): 1195–1201.
Ordóñez, L.E., E. Arbones, L.O. Vasquez, J. Gómez and M. López. 2008. Use of physical and chemical properties of Commercial Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) Products for Monitoring their Quality. Journal of AOAC International Vol.91 No.1
Nur Dirim S. and G. Çalıřkan. 2012. Determination of the effect of freeze drying process on the production of pumpkin (*cucurbita moschata*) puree powder and the powder properties. Research / Arastirma. GIDA 37 (*):*** **.

Análisis Fisicoquímico de Frutos Tropicales (“Guayaba “*Psidium guajaba L.*”, Mango “*Mangifera indica L.*”, Piña “*Ananas comosus*”, Papaya “*Carica papaya L.*”) Cultivados en el Espinal – Tolima

Physicochemical Analysis of Tropical Fruit (“Guajava “*Psidium guajava L.*”, Mango “*Mangifera indica L.*”, Pineapple “*Ananas comosus*” and Papaya “*Carica papaya L.*”) Grown in the Espinal – Tolima

Juan Manuel Sánchez¹; Andrea Verónica Herrera²; Eyleen Jeniffer Torres³

- 1 Ingeniero Agroindustrial. Mg. Gerencia de Programas Sanitarios e Inocuidad de Alimentos. Universidad para la Cooperación Internacional. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. ing_juanma@misena.edu.co, jusanchez@sena.edu.co
- 2 Estudiante de Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, avherrera@unal.edu.co,
- 3 Ingeniero Agroindustrial, Universidad del Tolima, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. eyleenje@misena.edu.co

Resumen. La necesidad de posicionar nuestras frutas como factor diferenciador a los mercados nacionales e internacionales cada vez más competitivos, ha generado un gran interés por indagar las propiedades nutricionales que permitan ser un producto con atributos diferenciados al consumidor. El objetivo de la investigación es evaluar la composición nutricional de frutos de Guayaba (*Psidium guajaba L.*), Mango (*Mangifera indica L.*), Piña (*Ananas comosus*) y Papaya (*Carica papaya L.*), que se cultivan en el municipio del Espinal Tolima ubicado en 4°10'19" LN 74°10'19" LO, a partir de materiales vegetales secos bajo un análisis farmacognósticos y bromatológicos normalizados para la determinación de cenizas, grasas, fibra, nitrógeno, proteína cruda (g/100g) y Vitamina C. Los datos reportados en la literatura para estas especies frente a los análisis

realizados; presentan similitud al objeto de investigación. Sin embargo, existen especies botánicas que presentan diferencia significativa en la producción de sus metabolitos secundarios debido a las condiciones bioclimáticas del entorno donde crecen⁴.

Palabras clave: Análisis bromatológico, índices farmacognósticos, mango, piña, guayaba, papaya.

Abstract. The need to position our fruits as a differentiating factor in the increasingly competitive national and international markets, has generated great interest in

4 Arias, C. (2000) Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

investigate the nutritional properties that allow a product to be differentiated consumer attributes. The object of the research is to evaluate the nutritional composition of fruits of guava (*Psidium guajava* L.), Mango (*Mangifera indica* L.), pineapple (*Ananas comosus*) and Papaya (*Carica papaya* L.), grown in the town of Espinal - Tolima located in 4°10'19" LN 74°10'19" LO, from dried plant materials under bromatological and pharmacognostic analysis and normalized for the determination of ash, fats, fiber, nitrogen, crude protein (g / 100g) and vitamin C. Data reported in the literature for these species from the analyzes exhibit similarity to the object of research. However, there are plant species that have significant difference in the production of secondary metabolites due to bioclimatic conditions of the environment where they grow.

Key words: Chemical composition analysis, pharmacognostic index, Mango, Pineapple, Guava, Papaya.

INTRODUCCIÓN

El departamento del Tolima posee condiciones agroecológicas favorables así como disponibilidad de tierras, pisos térmicos y excelente localización respecto a los mercados nacionales, lo que lo convierte en una región potencialmente apta para el desarrollo de una amplia y variada gama de productos frutícolas. La mayoría de las Frutas obtenidas en el mercado interno son utilizados en la transformación agroalimentaria a través de su fracción comestible, sin embargo poco se conoce sobre las propiedades y características a la hora de su consumo, ya que existe la posibilidad de que estos puedan ser fuente importante de metabolitos con alto valor comercial. (Bello, 2000). Con énfasis para el desarrollo de productos agroindustriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima se obtuvo de los cultivos del Espinal – Tolima, donde se realizó la selección para cada especie, se higienizó y desinfecto con una solución a 100 ppm. (N-aquil dimel bencil amonio). se realizó el secado a 60°C/5 min, y finalmente se redujo el tamaño de partícula a 60,00 µm ± 0,15.

Análisis fisicoquímico: Se caracterizó el material vegetal de acuerdo a las normas técnicas Colombianas para humedad, extracto seco y extracción de sólidos solubles de las muestras. Rojas, (2004).

Determinación Contenido Nutricional: La determinación farmacognóstica se complementó bajo los lineamientos de la AOAC (925,10, 979,09, 922,06, 985,29, 923.03), para proteínas por el Método Kjeldhal, vitamina C, grasa, Fibra cruda y Cenizas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las frutas objeto de estudio fisicoquímico determinaron los comportamientos característicos de los frutos encontrando según Figura 1.

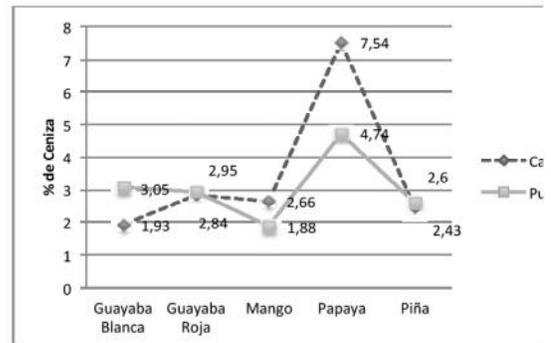


Figura 1. Porcentaje de cenizas de cada uno de los frutos y sus fracciones.

El porcentaje de cenizas más distantes están en cascara guayaba blanca y pulpa de mango (1,88, 1,93) g/100g respectivamente. Este mismo análisis se realiza con la cáscara de Papaya con un valor de 7,54 g/100g, indicándonos la alta presencia de potasio.

Contenido de Vitamina C: Se realizó una curva patrón, utilizando Acido Ascórbico, con el fin de expresar los resultados de absorbancia como mgEAA/gvs.

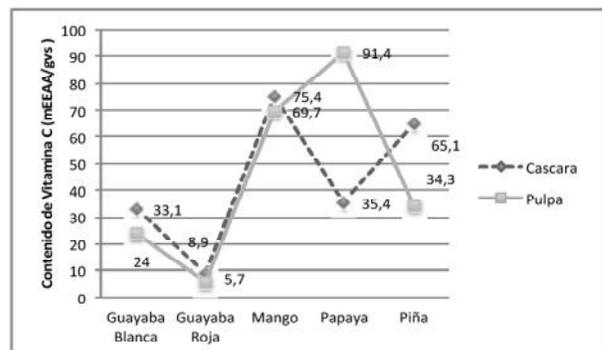


Figura 2. Valores de contenido de Vitamina C expresados como mEAA/gvs.

En la Figura 2 se visualiza los valores de vitamina C que oscilan entre 5,7 mEAA/gvs para el caso de la pulpa de Guayaba blanca, y 91,4 mgEAA/gvs para el caso de la pulpa de Papaya, donde es importante resaltar la correlación entre el agua contenida en el material vegetal y la concentración de la vitamina C, siendo la papaya la que demuestra el mayor contenido de agua con una 92,3%.

Contenido de Proteína y Nitrógeno:

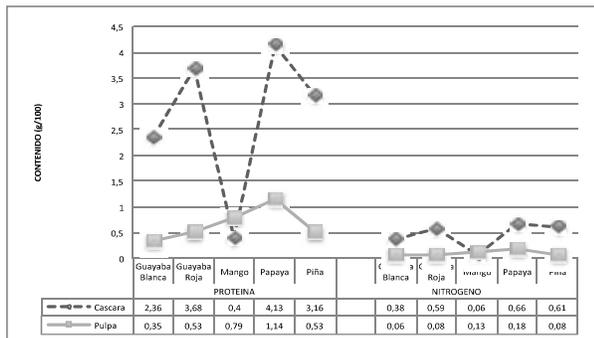


Figura 3. Porcentaje de Proteína y Nitrógeno para cada fruto y sus fracciones.

En la Figura 3, se presenta el contenido de Proteína y de Nitrógeno, con unos resultados bajos debido a que las proteínas de origen vegetal (frutas) tienen en general, un valor biológico menor que los productos animales, con excepción de la soja, que tiene un valor biológico mayor que la carne y/o el pescado. Aún así, los aminoácidos que se encuentran ausentes con más frecuencia en los vegetales son la lisina, el triptófano y la metionina.

Guayaba. Los resultados obtenidos del estudio sobre la composición química de la pulpa guayaba roja tradicional presento una varianza entre los datos, debido a la inmensa cantidad de cultivares y variedades que existen.

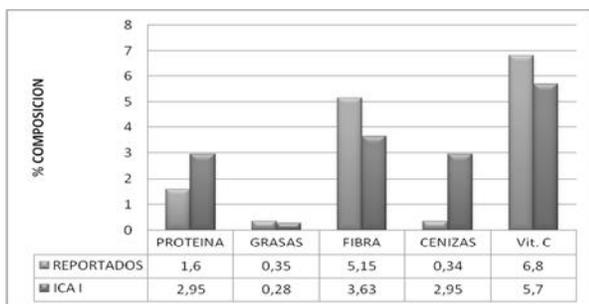


Figura 4. Datos obtenidos Vs. Datos reportados para Guayaba.

Se observa en la Figura 4 como existen notorias diferencias entre el valor de cenizas en la porción comestible del fruto de guayaba roja. Se infiere que la actividad del material inorgánico medida a través de este ensayo no depende en forma directa de los constituyentes del mismo sino de un conjunto de compuestos químicos que actúan sinérgicamente con los fitocompuestos presentes en un producto vegetal.

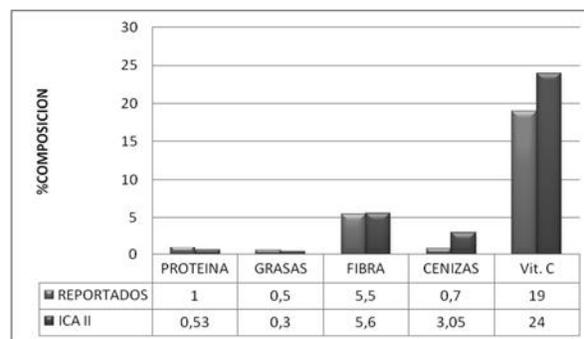


Figura 5. Datos obtenidos Vs. Datos reportados para Guayaba Blanca.

En la Figura 5 se determinó como la fracción no comestible del fruto de Guayaba blanca evidencia mayor potencial en cuanto a la composición de Vitamina C con 24 g/100g, que los reportados en la literatura de 19 g/100g. (Casaca, 2005). La guayaba destaca su contenido en vitamina C; concentra unas siete veces más que la naranja. Aporta en menor medida otras vitaminas del grupo B (sobre todo niacina o B3). Si la pulpa es anaranjada, es más rica en provitamina A (carotenos). Ambas vitaminas, cumplen además una función antioxidante. Los frutos muy maduros pierden vitamina C.

Piña

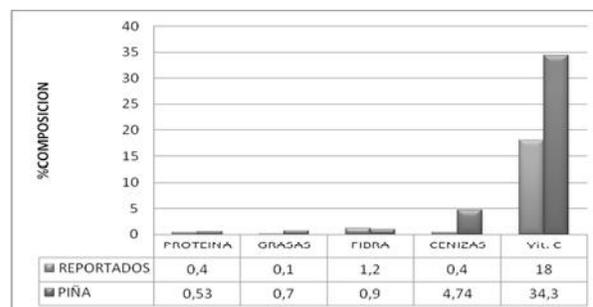


Figura 6. Datos obtenidos Vs. Datos reportados para Piña.

Los resultados de investigación se utilizaron como modelo de un sistema de curva patrón para la determinación del contenido de Vitamina C, los resultados de la Figura 6 se interpolaron para la absorbancia de las lecturas de cada uno de los frutos y su fracción comestible, siendo el ácido ascórbico el patrón dominante con un valor de 34,3 g/100g, en la muestra de pulpa de Piña.

Papaya

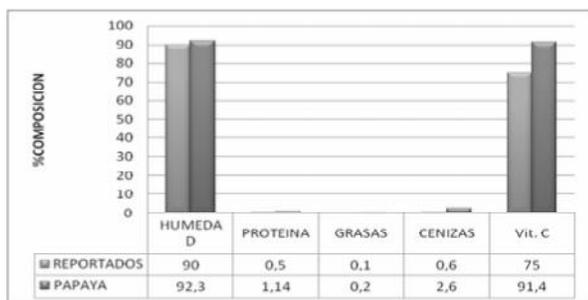


Figura 7. Datos obtenidos Vs. Datos reportados para Papaya.

En la Figura 7 se evidencian los datos reportados en este estudio los cuales son relevantes en la composición de vitamina C con el 91 g/100g frente a otros estudios realizados. (Landín, 2000); indicando que la guayaba utilizada cumple con los requerimientos estipulados en la normas técnicas Colombianas.

Mango

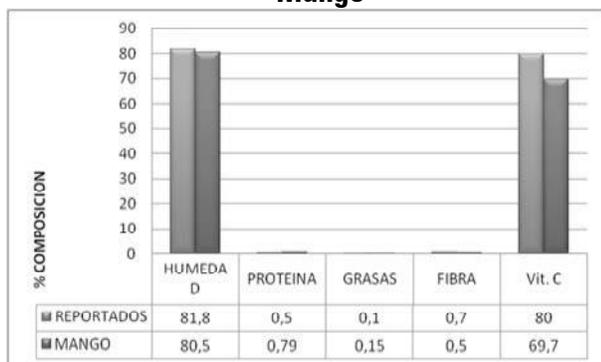


Figura 8. Datos obtenidos Vs. Datos reportados para Mango.

Al igual que la pulpa de Papaya, la pulpa de Mango que se referencian en la Figura 8, no presenta diferencias significativas con respecto a la composición reportada para el mismo.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos a través de los ensayos aplicados a la parte comestible y no comestible de los frutos de Guayaba, Piña, Mango y Papaya, permiten afirmar que cualquiera de las especies frutales estudiadas posee compuestos capaces de suplir las necesidades básicas de ingesta diaria recomendada.

El fruto de Guayaba se muestra como un producto promisorio, debido a su contenido, compuestos nutricionales y su actividad metabólica. La actividad de los compuestos nutricionales revelada por los extractos de los materiales vegetales objeto de estudio podría estar asociada a sus constituyentes, entre ellos los del metabolismo primario, sin despreciar la contribución que pueden hacer a esta acción los otros constituyentes químicos.

Todo el estudio demostró que las tres frutas pueden ser utilizadas en forma integral por la industria alimentaria, nutracéutica o farmacéutica, debido a sus grandes beneficios y compontes expuestos en el trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International, Association Official Analytical Chemists.
- Bello, J. 2000. Ciencia bromatológica-principios generales. Edición Díaz de Santos. S.A, España. 557p
- Casaca, A. 2005. El Cultivo de la guayaba (*Psidium guajava L.*). Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola, PROMOSTA.
- Rojas, J., J.M. Peñuela y A.E. Gómez. 2004 Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. Prologo. Chinchina . 213p.

Almidón Esterificado de Plátano (*Musa paradisiaca L.*) de Baja Digestibilidad Esterified Plantain (*Musa paradisiaca L.*) Starch With Low Digestibility

Mirna María Sánchez-Rivera¹, Ya-Jane Wang² y Luis Arturo Bello-Pérez³

- 1 Profesor Titular. Departamento de Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. <msanchezri@ipn.mx>
- 2 Profesor Titular. Universidad de Arkansas. Departamento de Ciencia de los Alimentos. USA. <yjwang@uark.edu>.
- 3 Profesor Titular. Departamento de Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. <labellop@ipn.mx>

Resumen. El objetivo fue obtener almidones citratos de plátano a 120 y 140°C con 6 y 9h de reacción mediante esterificación con ácido cítrico. Se evaluó la digestión del

almidón por el método de Englyst; así como propiedades térmicas por calorimetría de barrido diferencial, cristalinidad relativa (%CR) en un difractor de rayos X y longitud

de cadena por cromatografía de líquidos de alta resolución de intercambio aniónico. En comparación con el nativo, la esterificación incrementó el almidón resistente (AR) (19-83%), disminuyó la temperatura de gelatinización (T_p) (77-60°C) y la entalpía (ΔH) (18,0-3,5 J/g); la longitud de cadena se incrementó (11,6-14,5) y el % CR aumentó al incrementarse la temperatura de reacción. Los almidones esterificados con alto contenido de AR podrían usarse como ingredientes en alimentos con alto contenido de fibra.

Palabras clave: Almidón citrato, almidón resistente, DSC, cristalinidad, longitud de cadena.

Abstract. The aim of this research was to obtain plantain citrate starches to 120 °C and 140 °C with 6 h and 9 h of reaction by esterification with citric acid. Starch digestibility was measured by Englyst's method, also thermal properties by differential scanning calorimeter, relative crystallinity (%RC) with X-ray diffractometer, and chain-length distribution by high-performance anion-exchange chromatography. In comparison with native starch, esterification increased resistant starch (RS) content (19.6 to 83%), decreased temperature of gelatinization (T_p) (77-60 °C) and enthalpy (ΔH) (18-3.5 J/g), chain-length was increased (11.6-14.5) and %RC increased to increase reaction temperature. The citrate starch with higher RS content could be used as ingredient in foods with high dietary fiber content.

Key words: Citrate starch, resistant starch, DSC, crystallinity, chain-length.

INTRODUCCIÓN

Los almidones citratos, una fuente importante de almidón resistente (AR), se obtienen por esterificación con ácido cítrico (AC) a elevada temperatura (Chowdary y Enturi, 2011). El AR es una fracción del almidón no digerida ni absorbida en el intestino delgado de individuos sanos, con beneficios fisiológicos como la fibra dietaria (Euresta, 1998; Xie y Liu, 2004). Los grupos funcionales introducidos contribuyen en reducir la digestibilidad enzimática [6,9]. Estos almidones presentan diversas aplicaciones en productos alimenticios (Fuentes *et al.*, 2010; Zhang y Hamaker, 2012). Los objetivos fueron evaluar la digestibilidad, las propiedades térmicas de gelatinización, la cristalinidad y la longitud de cadena de los almidones citratos de plátano (*Musa paradisiaca* L.) obtenidos por esterificación con ácido cítrico a elevada temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Almidones citratos. Se siguió el método de Xie y Liu, (2004) con algunas modificaciones. Una mezcla de almidón y ácido cítrico (40%, pH 3,5) se acondicionó (12 h), se deshidrató (60°C/14 h) y se calentó a 120 y 140 °C durante 6 y 9 h en una estufa de aire forzado (VWE, SHEL LAB).

Digestibilidad In Vitro. El almidón, goma guar y agua destilada se dejaron en agua hirviendo (20 min), se enfriaron y se adicionó pepsina en HCl (0,05 N), e incubó (37 °C/30 min). Se adicionó acetato de sodio (0,1 M, pH 5,2, y CaCl₂) y una mezcla enzimática (pancreatina, invertasa y amiloglucosidasa) [2]. El contenido de glucosa se determinó a los 20 (G20) y 120 (G120) minutos de incubación a 37 °C. Las fracciones del almidón fueron cuantificadas como almidón de digestión rápida (ADR) = $G_{20} \times 0,9$; almidón de digestión lenta (ADL) = $(G_{120} - G_{20}) \times 0,9$ y almidón resistente (AR) = $AT - (ADR + ADL)$.

Propiedades térmicas de gelatinización. En un calorímetro de barrido diferencial (CBD, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA), se calentó de 30 a 180 °C una muestra de almidón (10 mg) previamente hidratada toda la noche con 40 mL de agua destilada en cápsulas de aluminio de alta presión selladas herméticamente; la velocidad de calentamiento fue de 10 °C/min (Shin *et al.*, 2009).

Cristalinidad relativa. Se utilizó un difractor de rayos X (Modelo PW1830, Phillips, Almelo, The Netherlands) con radiación de cobre (Cu K α = 1,5418 Å), a 40 mA y 45 kV, en un ángulo a 2 θ de 2°-40°. La cristalinidad relativa (% CR) se determinó de los difractogramas: área de los picos cristalinos / área total bajo la curva mediante el software "X" PertHigh Score by Panalytical, Almelo, the Netherlands.

Distribución de longitud de cadena por cromatografía líquida de alta resolución de intercambio aniónico (CLARIA-DPA). La amilopectina se desramificó enzimáticamente con pululanasa e isoamilasa y las cadenas lineales de los almidones nativo y esterificados fueron analizadas. Se utilizó una guarda columna DIONEX (CarboPac™ PAI, 4 x 50 mm), una columna de intercambio aniónico DIONEX (CarboPac™ PAI, 4 x 250 mm), un detector de pulsos amperométricos (DPA) y un sistema de gradiente de NaOH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Digestibilidad In vitro. Los almidones citratos de plátano presentaron contenidos de AR a 120 °C de 31,8% (6 h) y 45,7% (9h), y a 140 °C de 83 (6 h) y 84,2% (9h), en

comparación con el nativo (19,6%). El almidón nativo presentó 32% de la fracción de almidón de digestión lenta (ADL) y en los almidones citratos fue menor a 1,5 %; esta fracción es reconocida por sus beneficios fisiológicos (Shin *et al.*, 2009); por lo que las sumas de AR y ADL fue de 34,8% (nativo) y 84,2% (6 h) y 83,8% (9 h) a 140 °C. La baja digestibilidad de los almidones citratos se atribuyó al alto contenido de AR y a la despolimerización por el tratamiento térmico (Jyothi *et al.*, 2007).

Propiedades térmicas de gelatinización. Las temperaturas (Tp) y entalpías (ΔH) de gelatinización (J/g) fueron para los almidones esterificados a 120 °C-6 h (63,4 °C, 2,92 J/g); 120 °C-9 h (60,9 °C, 2,3 J/g); 140 °C-6 h (62,9 °C, 3,5 J/g) y a 140 °C-9 h (63,9 °C, 3,8 J/g) en comparación con el nativo (77,5 °C, 19,1) J/g, respectivamente. La esterificación disminuyó la Tp y la ΔH en el almidón de plátano.

Cristalinidad relativa. Se obtuvieron patrones de difracción tipo A (Hizukuri, 1986; Xie y Liu, 2004; Xie y Cui, 2006) con disminución en todas las intensidades en los almidones esterificados. En función de la temperatura, los %CR fueron de 19,9 (120 °C, 6 h) a 20,15 (140 °C, 6 h) y de 12,8 (120 °C, 9 h) a 18,1 (140 °C, 9 h); al aumentar el tiempo de reacción en ambas temperaturas, el %CR disminuyó.

Distribución de longitud de cadena. Se obtuvieron diferentes porcentajes de grado de polimerización (GP) y longitud de cadena (LC) (Tabla 1). El almidón nativo mostró mayor porcentaje de cadenas cortas que los esterificados, en los cuales se observó incremento en las otras fracciones, demostrando diferencias estructurales en la amilopectina por efecto de la esterificación.

Tabla 1. Distribución de longitud de cadena (%)

	GP 6-12 A	GP 13-24 B1	GP 25-36 B2	GP 37-60 B3	LC
Nativo	65.68	32.07	2.25	0.00	11.6
120 °C, 6 h	52.3	40.0	6.1	1.5	14.0
140 °C, 9 h	48.1	43.5	6.9	1.3	14.4

Tipos de cadena: A, B1, B2, B3

CONCLUSIÓN

Los almidones citratos de plátano con alto contenido de AR y por consiguiente de baja digestibilidad, presentaron

modificaciones estructurales en la región cristalina y podrían ser utilizados como ingredientes funcionales en formulaciones alimenticias de bajo contenido calórico.

AGRADECIMIENTOS

Instituto Politécnico Nacional, México; SIP-IPN; COFAA-IPN; EDI-COFAA; Departamento de Ciencia de los Alimentos, Universidad de Arkansas, E.U.

BIBLIOGRAFÍA

- Chowdary, K.P.R. and V. Enturi. 2011. Enhancement of dissolution rate and formulation development of ritonavir tablets employing starch citrate. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* 3(4):110-114.
- Englyst, H.N., S.M. Kingman and J.H. Cummings. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46(2): 33-50.
- EURESTA.1992. European Flair action concerted on resistant starch. *EURESTA Newsletter* III: 7.
- Fuentes-Zaragoza, E., M.J. Riquelme-Navarrete, E. Sánchez-Zapata and J.A. Pérez-Álvarez. 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43(4): 931-942.
- Hizukuri, S. 1986. Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectin and its significance. *Carbohydrate Research* 147(2):342-347.
- Jyothi, A., S.N. Moorthy, J.N. Sreekumar and K.N. Rajasekharan. 2007. Studies on the properties of citrate derivatives of cassava (*Manihotesculenta* Crantz) starch synthesized by microwave technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(5): 871-879.
- Shin, S. I., C.J. Lee, M.J. Kim, S.J. Choi, H.J. Choi, Y. Kim and T.W. Moon. 2009. Structural characteristics of low-glycemic response rice starch produced by citric acid treatment. *Carbohydrate Polymers* 78(3): 588-595.
- Xie, X.S., and Q. Liu. 2004. Development and physicochemical characterization of new resistant citrate starch from different corn starches. *Starch/Stärke* 56(8): 364-370.
- Xie, X.S., Q. Liu and S. W. Cui. 2006. Studies on the granular structure of resistant starches (type 4) from normal, high amylose and waxy corn starch citrates. *Food Research International* 39(3): 332-341.
- Zhang, P. and B.R. Hamaker. 2012. Banana starch structure and digestibility. *Carbohydrate Polymers* 87(2): 552-1558.

Protección de Compuestos Antioxidantes de Xoconostle Secados por Aspersión Adicionados en un Queso Oaxaca Funcional

Protection of Antioxidant Compounds from Xoconostle by Spray Dried Added in a Functional Oaxaca Cheese

Estrada-Fernández A. G¹; Campos-Montiel R. C¹; Salcedo-Hernández R²; Aguirre-Álvarez G¹; Pimentel-González D.J.^{1*}

1 ICAp-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario S/N Km. 1, C. P. 43600 Tulancingo, Hgo., México. *dianajpg@gmail.com

2 Departamento de Alimentos. División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal S/N carretera Irapuato-Silao Km 9, C.P. 36500.

Resumen. Los compuestos antioxidantes ofrecen beneficios para la salud, sin embargo son susceptibles a factores como la temperatura y la presencia de luz que limitan su aplicación en alimentos. El Objetivo de este trabajo fue evaluar la protección de compuestos antioxidantes de extractos de Xoconostle por secado por aspersión durante el proceso de elaboración y fundido del queso Oaxaca funcional. Los resultados mostraron que el contenido de fenoles totales de extractos de Xoconostle encapsulado en el queso (AE) fue de $24,14 \pm 2,13$ mg EAG/100g de queso y después de ser sometido a un fundido a una temperatura de $73\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tres minutos su reducción no fue significativa ($20,07 \pm 1,98$ mg EAG/100g de queso), siendo menor el tratamiento de fenoles totales de extractos de Xoconostle sin encapsular (ASE) que fue de $9,70 \pm 2,78$ mg EAG/100g de queso fundido. El mismo comportamiento fue observado para la actividad antioxidante con ABTS de AE, $88,83 \pm 1,99\%$ y $9,76 \pm 1,78\%$ con ASE y en la actividad antioxidante con DPPH $70,38 \pm 0,94\%$ con QE y $5,58 \pm 0,83\%$ con QSE. Confirmando que la encapsulación es un método para conservar compuestos que son sensibles, a factores como la temperatura de procesamiento, permitiendo la obtención de un queso Oaxaca funcional.

Palabras clave: Encapsulación, extractos, compuestos fenólicos, ABTS y DPPH.

Abstract. Antioxidant compounds offer benefits for the health however are susceptible to factors such as temperature and light, limiting their application in foods. The aim of this work was to evaluate the protection of antioxidant compounds of extracts for Xoconostle by the spray drying technique in protecting antioxidant compounds, when subjected to stress conditions during preparation and melting of functional Oaxaca cheese. The results showed that the total phenolic content extracts

of Xoconostle encapsulated (AE) was 24.00 ± 2.13 mg EAG/100g cheese and after being subjected to a melting at $73\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 3 minutes the reduction was not significant (20.07 ± 1.98 mg EAG/100g cheese), compared to cheese with extracts of Xoconostle unencapsulated (ASE) was 9.70 ± 2.78 mg EAG/100g cheese melted. The same behavior was observed for antioxidant activity with ABTS were $88.83 \pm 1.99\%$ AE and $9.76 \pm 1.78\%$ ASE and the antioxidant activity with DPPH $70.38 \pm 0.94\%$ AE and $5.58 \pm 0.83\%$ AES. This confirm that the encapsulation is a method for preserving compounds sensitized to damage of factors such as temperature for processing, allowing to obtain a functional Oaxaca cheese.

Key words: Encapsulation, extracts, phenolic compounds, ABTS and DPPH.

INTRODUCCIÓN

La evolución que va teniendo la humanidad en cuanto a la manera de alimentarse ha generado el desarrollo de alimentos funcionales, que afecten benéficamente una o más funciones en el cuerpo humano, más allá de los efectos nutricionales. El Xoconostle (*Opuntia oligacantha*) es un fruto que contiene gran cantidad de compuestos antioxidantes (Esquivel *et al.*, 2011), que al agregarlos a los alimentos pueden ofrecer beneficios en la reducción de algunas enfermedades; sin embargo estos compuestos son sensibles a las elevadas temperaturas y la luz, limitando su aplicación en el procesamiento de alimentos. Una solución a este problema puede ser la encapsulación mediante secado por aspersión donde se obtienen tamaños de partículas de 10 a $100\text{ }\mu\text{m}$. En México, el queso Oaxaca es ampliamente consumido. La aplicación de compuestos con propiedades antioxidantes se ve limitada en este tipo de quesos dadas las altas temperaturas que son empleadas durante su elaboración y consumo, debido

a que este alimentos se consume fundido. El presente trabajo tiene como objetivo la protección de los compuestos antioxidantes del fruto Xoconostle a través de secado por aspersión para su utilización en la elaboración de queso Oaxaca funcional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de compuestos antioxidantes: por cada 200 gr de pulpa de Xoconostle (*Opuntia joconostle*) se agregaron 100 μ L del complejo enzimático que contenía hemicelulasas y pectinasas, fueron macerados durante tres horas en oscuridad. Transcurrido este tiempo se realizó un filtrado. La pulpa se almaceno en refrigeración hasta su utilización.

Formación de la cápsula: La pulpa, se mezcló con maltodextrina y goma arábica (50:50), empleando un secador por aspersión Mini Spray Dryer (marca Büchi modelo B-290), a una temperatura de entrada 160 °C, 4 bares de presión y 20 mL min⁻¹ de flujo de entrada.

Adición de compuestos antioxidantes encapsulado en queso Oaxaca: las cápsulas o el compuesto antioxidante libre fueron adicionados en una relación de 33g/L. La leche a utilizarse para la elaboración de los quesos fue pasteurizada a 72 °C por 15 minutos. El pH de la leche fue disminuido con ácido cítrico (10 % p/p) hasta obtener un pH de 5,47 \pm 0,03, posteriormente fue añadido Cloruro de calcio (0,20 g/L) y el cuajo. La cuajada fue estirada en agua caliente (75 °C) hasta formar una pasta elástica y suave. Se obtuvieron dos tratamientos de queso Oaxaca 1) queso con antioxidantes encapsulados por secado por aspersión (AE) y 2) queso con antioxidantes libres (ASE). El queso Oaxaca adicionado con antioxidantes fue posteriormente fundido a una temperatura de 73 °C durante 3 min.

Extracción de compuestos antioxidantes, a dos gramos de queso picado finamente, se realizó una primera extracción con etanol al 50% por 30 min., se centrifugó a 6,500rpm a 4 °C por 15 minutos. Se realizó una segunda extracción con acetona al 50% se centrifugó obteniendo un sobrenadante dos. Se mezclaron los dos sobrenadantes para obtener sólo uno, se centrifugó y se utilizó esta extracción para la determinación de actividad antioxidante (Munguía *et al.*, 2010).

Fenoles totales: a 1 mL del extracto se agregó 5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteau (1:10), se dejó reposar por 6 minutos, se añadieron 4 mL de carbonato de sodio al 20% dejando reposar por 120 minutos, se leyó la muestra en

un espectrofotómetro a 760nm. Dado que los resultados deben ser expresados en equivalentes de ácido gálico fue necesario realizar una curva de calibración (Munguía *et al.*, 2010).

Actividad antioxidante: se utilizó 2,7 mL de 1, 1-diphenyl-2-picrilhidrazil (DPPH) (diluido al 80 % en metanol), con 0,3 mL del extracto, se agitó por 15 segundos, se tomó la lectura de la absorbancia obtenida a una longitud de onda de 515 nm y se dejó reposar en la oscuridad por 120 minutos, se tomó la absorbancia final para determinar el % de inhibición (Munguía *et al.*, 2010).). Para la técnica de ABTS (Acido 2, 2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) – 6 – sulfonic), se utilizó a una concentración de 7 mM, haciéndola reaccionar con 10 mL de K₂S₂O₈ de una concentración 2,45 mM. Se midió su absorbancia inicial a 2 mL del reactivo de ABTS añadiendo 200 μ L de la muestra, se dejó reaccionar por 6 minutos y se leyó la absorbancia final a 734 nm. Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición (Re *et al.*, 1999).

Diseño estadístico: los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza ($p < 0,05$) empleando un diseño completamente al azar y la técnica de Tukey para comparación de medias

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta los resultados para fenoles totales en queso Oaxaca, existiendo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos tratamientos (queso Oaxaca con antioxidantes encapsulados

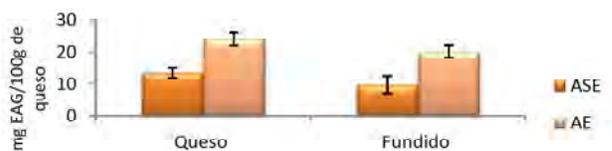


Figura 1. Contenido de fenoles en queso Oaxaca y después del fundido.

por secado por aspersión (AE) y queso Oaxaca con antioxidantes libres (ASE). La técnica de secado por aspersión permitió efectivamente la microencapsulación y la de protección a los compuestos fenólicos extraídos del Xoconostle, presentando una mayor concentración en el tratamiento AE (24,14 \pm 2,13 mg EAG/100g de queso) con respecto al tratamiento ASE (13,45 \pm 1,54 mg EAG/100g de queso). Este mismo comportamiento fue observado para el queso fundido (20,07 \pm 1,98 mg EAG/100g de queso y 9,70 \pm 2,78 mg EAG/100g de queso) para el

tratamiento AE y ASE respectivamente.

Estos valores son similares a lo reportado por (Meira *et al.*, 2012), quienes evaluaron queso Roquefort, encontrando contenido de fenoles totales de $22,81 \pm 0,09$ mg EAG/100g de queso.

Con respecto a la actividad antioxidante en DPPH (Figura 2) y ABTS (Figura 3), también se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Mediante el método DPPH se

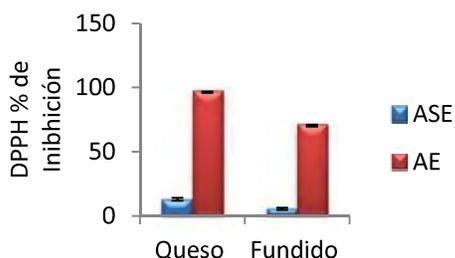


Figura 2. Actividad antioxidante en DPPH en queso Oaxaca y después del fundido.

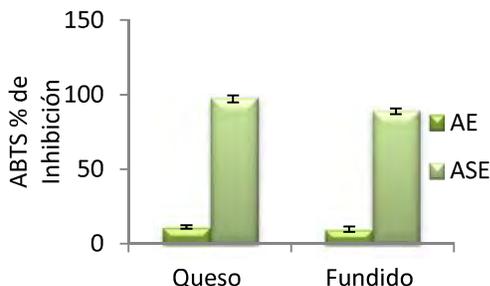


Figura 3. Actividad antioxidante en ABTS en queso Oaxaca y después del fundido.

encontró un porcentaje de inhibición de $96,41 \pm 1,13$ % para el tratamiento AE, contra $12,98 \pm 0,52$ % de ASE, observándose el mismo comportamiento pero con una disminución en los valores después del proceso de fundición del queso (AE; $70,38 \pm 0,94$ y ASE; $5,58 \pm 0,83$ %). La actividad antioxidante para ABTS, muestra la misma tendencia, teniendo las concentraciones más elevadas en el queso Oaxaca con los antioxidantes encapsulados tanto en queso fresco como después de haber sido fundido (fresco; $97,24 \pm 2,33$ % y fundido; $88,83 \pm 1,99$ %) con respecto al extracto sin encapsular (fresco; $11,19 \pm 1,23$ % y fundido; $9,76 \pm 1,78$ %). Silva *et al.*, (2012), reportan un porcentaje de inhibición por ABTS y DPPH de

$91,1 \pm 0,43$ % para un queso Brasileño, donde se aplican temperaturas en el proceso de elaboración similar al del queso Oaxaca (70 °C) después de haber transcurrido dos horas. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIÓN

La encapsulación empleando la técnica de secado por asperción permitió la protección de los compuestos antioxidantes presentes en el fruto del Xoconostle, para su utilización en la elaboración de queso Oaxaca funcional, bajo las temperaturas empleadas en el proceso de elaboración previa, así como en el fundido.

AGRADECIMIENTO

El Apoyo recibido por PROMED de la SEP de México para la Red Biotecnología Alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Esquivel, O. O., A. O. Moreno, V. B. Álvarez, L. D. Álvarez and M. M. Giusti. 2011. Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food Research International* 44(1): 2160-2168.
- Meira, S. M. M., D. J. Daroit, V.E. Helfer, A. P. F. Corrêa., J. Segalin, S. Carro and A. Brandelli. 2012. Bioactive peptides in water-soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brazil and Uruguay. *Food Research International* 48(1): 322-329.
- Munguía, A. R., E. A. Nieto, C. I. Beristáin, F. C. Sosa and E. J. V. Carter. 2009. Purple maguey (*Rhoeo discolor*) antioxidant properties. *CyTA- Journal of Food* 7(3): 209-216.
- Silva, R. A., M. S. F. Lima, J. B. M. Viana, V. S. Bezerra, M. C. B. Pimentel, A. L. F. Porto, M. T. H. Cavalcanti and J. L. L. Filho. 2012. Can artisanal "Coalho" cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food? *Food Chemistry* 135(1):1533-1538.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and E. C. Rice. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical action decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(1): 1231-1237.

Elaboración de Tres Suplementos Alimenticios a partir de Plantas Comestibles

Formulation of Three Nutritional Supplements from Edible Plants

Alfredo Pérez Jácome¹; Luis Alberto Morales Martíne ¹; Evaristo Julio Ballinas Díaz¹; Gilber Vela-Gutiérrez ¹; Yasmin Burguete Martíne ¹; Iris Amalia Cundapi Ramos¹; Erika Judith López Zúñiga¹.

¹ Facultad de Ciencias de la Nutrición y alimentos. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente núm.1150, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. E-mail: peja_53@yahoo.com.mx

Resumen. Las poblaciones originales de Mesoamérica y Chiapas han compilado amplia experiencia y conocimiento en relación a la riqueza etnobotánica de la región así mismo han heredado a las nuevas generaciones dichos conocimientos han sido utilizados como estrategia de sobrevivencia ante la marginación, esto propicia la formulación de tres suplementos alimenticios a partir de un herbario con información obtenida en dos comunidades de etnia zoque de los municipios de San Fernando y Pantepec del estado de Chiapas, México. A través de un herbario se seleccionaron tres plantas de uso alimenticio y medicinal para obtener tres productos en forma de infusión y cápsulas a base de Canela (*Cinnamomum triplinerve*), Ajo (*Allium sativum* L) y Guaje (*Leucena leucocephala*).

Palabras clave: Canela, ajo, guaje, medicina tradicional, chiapas, zoque.

Abstract. The original populations of Mesoamérica and Chiapas have compiled extensive experience and knowledge in relation to the wealth ethnobotanical of the region so it inherited to the new generations these knowledge have been used as a survival strategy against marginalization, this propitious formulation of three nutritional supplements from a herbarium with data obtained on two communities of ethnic group Zoque of the municipalities of San Fernando and Pantepec of the state of Chiapas, Mexico. Through of one herbarium, three food and medicinal used plants were selected to obtain three products in capsules and infusion presentation based Cinnamon (*cinnamomum triplinerve*), Garlic (*Allium sativum* L) and Guaje (*Leucena leucocephala*).

Key words: Cinnamon, garlic, guaje, traditional medicine, chiapas, zoque.

INTRODUCCIÓN

El uso de recursos vegetales ha jugado un papel importante desde los inicios de la humanidad. Se han utilizado para satisfacer necesidades primordiales tales como: fuente de alimentos, medicamentos y materia prima para la obtención de combustible (Cabrera, 1998).

Existen evidencias históricas de que las plantas medicinales se han usado desde hace 60 mil años y la experiencia repetida y

transmitida generacionalmente ha actuado como prueba y filtro de su efectividad, prevaleciendo a través del tiempo y el ámbito geográfico (CONAFOR, 2010).

El esplendor de las antiguas culturas Mesoamericanas se relaciona con el amplio y profundo conocimiento que poseían los pueblos originarios, acerca del uso, las propiedades y cualidades de una gran diversidad de especies vegetales (Aramoni, 2006).

El conocimiento y aprovechamiento de las plantas medicinales en Chiapas es muy extenso, y su uso tradicional se ha arraigado notablemente en el ámbito rural y en las zonas indígenas, en donde les han ayudado a mantener estrategias de sobrevivencia utilizándolas como alimentos y con función curativa.

La presente investigación tiene como objetivo elaborar tres suplementos a partir de un herbario con información obtenida en dos comunidades de etnia zoque de los municipios de San Fernando y Pantepec del estado de Chiapas, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de un estudio descriptivo, transversal, observacional y de campo se elaboró un herbario de 60 plantas medicinales y comestibles, se seleccionaron 3 plantas para elaborar suplementos alimenticios. En primera instancia, se estandarizaron las medidas locales que utiliza la población a las del sistema internacional (MKS), tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Estandarización de medidas locales al sistema MKS

Medidas caseras	Sistema MKS (g)
Manojo	59
Pizca	0,05
Cucharada	1
Puño	1

Se elaboraron los productos a base de canela (*Cinnamomum triplinerve*), ajo (*Allium sativum* L) y guaje (*Leucena leucocephala*). **Tintura (Infusión) de canela:** En un recipiente

ámbar se colocó 250 g de canela (previamente lavada y desinfectada), se le adicionaron 300 ml de agua potable y 760 mL de alcohol homeopático, se tapó perfectamente y se dejó en reposo por un mes (removiendo cada dos días). Se filtró y se colocó en pequeños frascos goteros estériles. **Cápsulas de ajo:** Se pesan 200 g de ajo (seleccionados y descascarillados), se lavaron y desinfectaron, posteriormente se deshidrataron utilizando un secador de charolas, se pulverizaron con mortero (polvo fino), se envasan en cápsulas de gel número 0 (promedio 1,6 g de polvo de ajo/cápsula), finalmente se colocaron en frascos de plástico ámbar con un contenido aproximado de 40 g. **Cápsulas de guaje:** Se sigue la metodología descrita anteriormente, utilizando 200 g de guaje. Cada producto se etiquetó y almacenó posterior al envasado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El herbario consistió en 60 plantas clasificadas con fines medicinales, terapéuticos y comestibles, de éstas seleccionaron tres (canela (*Cinnamomum triplinerve*), ajo (*Allium sativum L.*) y guaje (*Leucena leucocephala*)) para la elaboración de los tres productos. Los productos seleccionados se obtuvieron mediante producción en huertos familiares de traspatio, las características obtenidas de los suplementos alimenticios se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los productos elaborados a partir de plantas comestibles

PRODUCTO	RECUPERACION	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS
Tintura de canela	Lavado, cortado, macerado y mezclado con 1 tercio de agua purificada por 2 tercios de alcohol homeopático, envasado en frasco color ámbar durante 1 mes en oscuridad sin humedad	Color: Suigéneris Olor: Dulce penetrante Consistencia: Líquida
Cápsula de ajo	200 g de ajo, lavado, deshidratado, triturado y encapsulado	Color: Blanco Olor: Inodora Consistencia: Semiblanda
Cápsula de guaje	200 g de guaje deshidratado, triturado y encapsulado	Color: Verde seco Olor: Inodora Consistencia: Semiblanda

Los productos herbolarios elaborados se seleccionaron después de su identificación frecuente desde el uso empírico estandarizando las medidas locales al sistema de medidas internacionales lo anterior con la finalidad de uso medicinal disminuyendo características generalmente desagradables tales como olor, sabor y textura de esa manera se propicia su uso con mayor aceptación y debido a que comparten aplicaciones semejantes tales como digestivas, antiparasitarias, antibacterianas, antiinflamatorias antitusígenas, de efecto benéfico en la circulación y algunas modificando perfiles sanguíneos de lípidos y minerales así como nutricionales. De esta manera se contribuyó al rescate etnobotánico y la mejoría de la economía familiar de las comunidades estudiadas.

CONCLUSIÓN

A partir de un estudio de campo se identificaron plantas medicinales y comestibles de uso cotidiano en poblaciones de etnia zoque. En relación a la disponibilidad y accesibilidad de las plantas se eligieron 3 de uso frecuente en dichas comunidades a partir de ellas se elaboraron 3 productos para ser utilizados como suplementos alimenticios y medicinales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas de las comunidades de Chininal y Carrizal, quienes con gran ahínco participaron en el proyecto, a los revisores de la tesis de pregrado de los alumnos que participaron en la investigación y a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aramoni, Dolores. Presencia zoque, 2006. Una aproximación multidisciplinaria. Primera edición, Distrito Federal, Ed. México, 300p.
- Cabrera, G, Luis, 1998. Plantas curativas de México. 1ra edición. Ed. México, D.F: Gómez Gómez, Hnos, editores, S DE R.L. 4 p.
- CONAFOR, 2010, Conservación, restauración y aprovechamiento sustentable en el estado de Chiapas. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/acciones-tempranas-redd/conservacion-restauracion-y-aprovechamiento-sustentable-en-el-estado-de-chiapas/> 1p. Consultado: Octubre 2012

Desarrollo de una Barra de Cereal con Inclusión de Polen Apícola

Development of a Cereal Bar with Bee-Pollen Inclusion

Diana Carolina Longo Ordoñez¹; Claudia Hernández Londoño² y Marta Cecilia Quicazán³

1 Estudiante de Ingeniería de Alimentos. Universidad de la Amazonia. Facultad de Ingeniería - Programa Ingeniería de Alimentos. Avenida Circunvalar Barrio El Porvenir, Florencia, Caquetá. <d.longo@udla.edu.co>

2 Candidata a doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería – Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Carrera 30 # 45-03, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <cehernandezlo@unal.edu.co>

3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <mcquicazand@unal.edu.co>

Resumen. El polen recolectado por las abejas es de gran importancia como fuente de proteína, grasa y antioxidantes. En Colombia no se ha evaluado la inclusión de polen en productos de consumo masivo, como las barras de cereal. Se desarrollaron barras de cereal con inclusión de 10% (formulación I) y 15% (formulación II) de polen apícola. Las barras fueron caracterizadas de acuerdo a su composición proximal y calidad microbiológica. Se obtuvieron barras de cereal con un contenido de proteína de 6,5% y calidad microbiológica satisfactoria. La formulación “I” fue mejor que la formulación “II”, porque tuvo un contenido de proteína similar, menor contenido de grasa y mejor calidad microbiológica.

Palabras clave: Alimento funcional, formulación, proteína, calidad microbiológica.

Abstract. Pollen collected by bees has big importance as source of protein, lipids and antioxidants. In Colombia, the inclusion of bee-pollen in consumer products, such as cereal bars, has not been evaluated. Cereal bars with inclusion of 10% (formulation I) and 15% (formulation II) of bee-pollen were developed. The bars were characterized according to their proximate composition and microbiological quality. Cereal bars with a protein content of 6.5% and microbiologic quality satisfactory were obtained. Formulation “I” was better than formulation “II”, because it had a similar protein content, lower lipid content and better microbiological quality.

Key words: Functional food, formulation, protein, microbiological quality.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Astiasarán *et al.* (2003) las barras nutritivas son suplementos alimenticios que además de sus funciones nutritivas y sensoriales, tienen efectos fisiológicos saludables gracias a algunos de sus componentes. Estudios desarrollados en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, reportan que el polen posee un contenido de proteína de 27,5%, grasa

de 5,8% (ICTA, 2007-2011), además de apreciables contenidos de vitamina E equivalente a 39,24-116,42µg de α -tocoferol/g de polen (Pulido *et al.*, 2012). Es un producto utilizado por el hombre para consumo, debido a sus propiedades nutricionales y bioactivas. Estudios reportan su utilización como ingrediente para incrementar contenidos nutricionales en el desarrollo de productos como galletas (Montes *et al.*, 2012) y salsa de frutas (Longo *et al.*, 2012). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar una barra de cereal con un valor nutricional agregado mediante la inclusión de polen apícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El polen apícola fue suministrado por Corpoica-Tibaitatá. Previo a la inclusión en las barras, el polen fue tamizado y tratado térmicamente a 120°C durante 30 minutos. Se evaluaron dos formulaciones (I y II) con inclusión de 10 y 15% de polen, respectivamente (Tabla 1). La mezcla se moldeó y se cortaron barras de 12x3x1 cm, las cuales fueron empacadas en bolsas de polipropileno. A las barras desarrolladas se les realizó análisis proximal empleando los métodos de la AOAC (1998) y análisis microbiológico empleando los métodos de la American Public Health Association (2001). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) con el porcentaje de inclusión de polen como factor y tomando un nivel de significancia del 5%. Para este análisis se empleó el programa Excel versión 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las barras de cereal con polen presentaron un contenido promedio de proteína de 6,5%, lo que representa un incremento respecto a la formulación base (3,31% de proteína). Este incremento está asociado al porcentaje de inclusión de polen, ya que la proporción de otros componentes que pueden aportar algo de proteína, como el arroz y la cebada expandidos, disminuyeron en las formulaciones con polen (Tabla 1). Varón (2013) desarrolló barras multicereal con inclusión de 10-20% de quinua y reportó un contenido de proteína entre 5,2 y 5,9%. La formulación II presentó

Tabla 1. Formulación y Composición proximal (% b.h.) de las barras de cereal.

Ingrediente	Formulación (%)			Componente	Composición Proximal (% b.h.)		
	Base	I	II		Formulación base*	Formulación (n = 2)	
						I	II
Ingredientes secos							
Polen apícola	0,0	10,0	15,0	Humedad	11,16	11,18±0,26a	9,21±0,06b
Arroz expandido	10,0	7,5	7,0	Proteína	3,54	6,55±0,49a	6,65±0,07a
Cebada expandida	10,0	7,5	7,0	Grasa	7,02	3,55±0,18a	7,46±0,29b
Fruta deshidratada	20,0	15,0	11,0	Cenizas	1,72	1,84±0,02a	1,80±0,09a
Fibra de gulupa	10,0	10,0	10,0	Carbohidratos**	76,60	76,88±0,52a	74,88±0,40a
Aglutinante							
Jarabe de glucosa	23,0	23,0	23,0				
Maltodextrina	16,0	16,0	18,0				
Sucralosa	0,03	0,03	0,07				
Aceite vegetal	3,0	3,0	2,0				
Lecitina de soya	3,0	3,0	2,0				
Agua	5,0	5,0	5,0				

*Calculada por balance de masa; **Calculados por diferencia. Letras diferentes en la misma fila presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

una humedad significativamente menor y un contenido de grasa significativamente mayor (Tabla 1). Respecto a la formulación base, el contenido de grasa aumentó para la formulación II y se redujo para la formulación I. Esto puede deberse a que en la formulación II se sustituyó una proporción mayor de ingredientes secos con polen, que tiene un mayor contenido de grasa. Las barras de cereal con polen cumplieron con los criterios de calidad microbiológica (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados microbiológicos de las barras desarrolladas.

Análisis	Formulación		Vr. Referencia Ficha técnica FT-1 (De la Fuente, 2011)
	I	II	
Coliformes Totales NMP/g	<3	9	11
Coliformes Fecales NMP/g	<3	<3	<3
Recuento de mesófilos aerobios UFC/g o mL	130	420	10000
Recuento de Mohos y levaduras UFC/g o mL	<10	270	500
Detección de Salmonella en 25 g de muestra	Negativo	Negativo	Negativo

Pese a las críticas condiciones microbiológicas del polen (Puig-peña *et al.*, 2012), es posible afirmar que los tratamientos de higienización aplicados son efectivos para mejorar su calidad microbiológica. Por lo tanto, las barras de cereal con inclusión de polen cumplieron con los parámetros microbiológicos establecidos en la ficha técnica FT 18 (De la fuente, 2012) y en la NTS 071 de 2008 (Ministerio de Salud, 2008).

CONCLUSIÓN

Para poder utilizar el polen en la barra de cereal fue necesario someterlo a un proceso de higienización previo (tamizado y tratamiento térmico de 120°C por 30 minutos). De las dos formulaciones elaboradas, la mejor fue la formulación I (10% de polen), pues presentó un contenido de proteína similar (6,55%), un contenido de grasa significativamente menor (3,55%) y una mejor calidad microbiológica que la formulación II (15% de polen).

BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association. (2001). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (4 ed.). (F. Pouch Downes, & I. Keith, Edits.) Washington. AOAC. 1998. Official methods of analysis of AOAC

- international. 16th Edition.
- Astiasarán, I., B. Lasheeras, A. Ariño y J. Martínez. 2003. Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria. Ediciones Díaz de Santos. 532 p.
- De la Fuente, C. 2011. Ficha Técnica FT-1 Barra de granola. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF. 3p.
- ICTA. 2007-2011. Estrategias para Establecer la Denominación de Origen de Productos de las Abejas en Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.
- Longo, D., C. Montes, C. Hernández y M. Quicazán. 2012. Desarrollo de una salsa de frutas con inclusión de polen y miel. En memorias: II congreso Internacional agroalimentario – CIAA. Cúcuta.
- Montes, C., D. Longo, C. Hernández y M. Quicazán. 2012. Efecto de la inclusión de polen apícola en la textura y el color de las galletas. En memorias: II congreso Internacional agroalimentario – CIAA. Cúcuta.
- Ministerio de Salud. 2008. Norma Técnica de Salud NTS 071. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima – Perú. 23 p.
- Puig-Peña, Y., C. Del risco, V. Álvarez, V. Leiva y R. García. 2012. Comparación de la calidad microbiológica del polen apícola fresco y después de un proceso de secado. Revista CENIC Ciencias Biológicas 43: 23–27.
- Pulido, N., C. Salazar, C. Díaz y M. Quicazán. 2012. Cuantificación de vitamina E en muestras comerciales de polen apícola. Vitae 19:357-359.
- Varón, J. 2013. Barra multicereal y granola. pp. 96-119. En: Hernández, M.S. y A.C. Díaz (eds). Experiencias en la transformación agroindustrial de la quinua. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 208 p.

Evaluación Funcional del Almidón de Banano (*Musa sapientum*) Exportable del Ecuador

Functional Evaluation of Starch Banana (*Musa sapientum*) Exportable of Ecuador

Omar Martínez Mori^{*}, Raúl Díaz Torres², Esther Ramírez Moreno³

Resumen. El presente trabajo tuvo como objetivo fundamental, evaluar las características funcionales, temperatura de gelatinización y grado de pastificación del almidón de banano (*Musa sapientum*) considerando las variedades exportables del Ecuador: Cavendish, Filipino, Valery y Orito. Según los resultados, el almidón de banano de las variedades estudiadas, puede ser incorporado en la elaboración de alimentos que demanden características funcionales deseables como: agentes espesantes, gelificantes y estabilizantes.

Palabras clave: Gelatinización, pastificación, calorimetría Diferencial de barrido.

Abstract. The main objective of this research was to evaluate the functional characteristics, gelatinization temperature and pasting properties, of starch banana (*Musa sapientum*) considering exportable varieties of Ecuador: Cavendish, Filipino, Valery and Orito. According to the results, the starch of varieties studied, can be incorporated into food processed that demanding desirable functional features such as thickening agents, gelling agents and stabilizers.

Keywords: Gelatinization, pasting, Differential scanning calorimetry.

INTRODUCCIÓN

Estructuralmente el almidón está constituido de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. Las propiedades funcionales del almidón, la gelificación y pastificación, son importantes determinar cuando a este polisacárido se lo requiere utilizar como estabilizante y espesante en los alimentos donde se adicione. Existe una importante producción mundial de almidón, 48,5 millones de ton/año (BCE, 2013), sin embargo a ello, existe una demanda insatisfecha del mismo a nivel mundial (Ospina, 2012). El presente trabajo tuvo como principal objetivo evaluar las características funcionales: temperatura de gelificación y pastificación del almidón de banano (*Musa sapientum*) de las variedades exportables del Ecuador, y su potencial incorporación en la elaboración de alimentos que demanden características funcionales deseables como: agentes espesantes, gelificantes y estabilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El almidón se obtuvo del banano inmaduro (*Musa sapientum*) de las variedades: Cavendish, Filipino, Valery y Orito. Se realizó una molienda en húmedo, se cribó sucesivamente en mallas

de: 0,841; 0,420; 0,149; 0,074 mm. La suspensión obtenida se separó por precipitación del almidón, luego de decantado, se le realizó un secado por medio de una estufa a temperatura de entre 48 y 50 oC, por 48 horas (Bello, 2004). Para determinar la temperatura de gelatinización, se utilizó el método de gelatinización, el método utilizado fue la calorimetría diferencial de barrido (CDB), La temperatura inicial (Ti), temperatura pico (Tp), temperatura final (Tf) y la entalpia de gelatinización (ΔH) se obtuvieron los termogramas resultantes (Rúales, 1993). Para la determinación de las propiedades de pastificación, la suspensión se colocó en un Viscoamilógrafo Brabender, se empezó elevando la temperatura inicial de 30 oC hasta llegar a 95 oC a una velocidad de 1,5 oC /min, se mantuvo esta temperatura durante 15 minutos, por último se descendió la temperatura hasta 50 ° C a una velocidad de 1,5 oC/min y se mantuvo esta temperatura durante 15 minutos. La viscosidad máxima se calculó a partir de los amilogramas resultantes (Wiesenborn, 1994).

Análisis Estadístico. El tratamiento estadístico de los datos se realizó por medio del análisis de varianza, así como una prueba de comparación de medias de Tuckey, con un nivel de significancia ($p \leq 0,05$) para establecer las diferencias entre las medias. Este análisis se realizó utilizando SPSS versión 19.0 (SPSS Institute Inc. Cary NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viscosidad máxima a 95 oC de la muestra de almidón de banano de la variedad Cavendish y Orito, no presentaron diferencia significativa entre sí, (Tabla 1.) mostrando valores cercanos a los 262,89 UB., guardando relación con trabajos similares (Sánchez, 2005), que emplearon almidón de plátano oxidado, pero así también difiere con otros autores (Rivas, 2008) los que reportaron valores mayores, por el orden de los 350 UB.

Tabla 1. Viscosidad Máxima a 95 °C

Muestra	VM (UB)
AF	265,12 ^a (13)
AV	258,56 ^a (17)
AC	260,57 ^a (22)
AO	270,34 ^a (14)

AF Almidón Filipino; AV Almidón de Valery; AC Almidón de Cavendish; AO Almidón de Orito; VM viscosidad máxima, UB Unidades Brabender. Valores medios de cuatro réplicas y su

desviación típica. Valores con letras iguales en la columna no presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La Temperatura Pico de Gelatinización (Tabla 2) del AF, no tuvo diferencia significativa con AV y AC mostrando valores promedio de 80 oC, no así con el AO, el que dio como promedio 77,72 oC; estos valores fueron superiores a los reportados por otros autores (Tribess, 2009 y Rivas 2008), los que reportaron temperaturas de 68,5 oC y 73,95 oC, respectivamente. La energía necesaria para llegar a la temperatura pico de gelatinización fue diferente para cada muestra de almidón de banano inmaduro. Algunos son los factores que determinan que las entalpias muestren valores diferentes, entre los más importantes son: el grado de integridad del granulo de almidón y el nivel de hinchamiento del mismo, cuando este se ve sometido a una alzada de temperatura.

Tabla 2. Temperatura de Gelatinización

Muestra	Ti	TPG (°C)	Tf	ΔH (J/g)
AF	73,40 ^a (3,30)	80,02 ^a (2,80)	98,20 ^a (3,34) ^c	53,57 ^a (5,11)
AV	75,00 ^a (4,50)	79,61 ^a (2,30) ^a	88,10 ^b (2,87)	26,00 ^b (2,00)
AC	72,42 ^a (2,72)	79,89 ^a (3,70) ^a	98,11 ^{ab} (4,44)	36,85 ^c (3,54)
AO	72,10 ^a (5,40)	77,72 ^b (1,60)	83,00 ^b (4,35)	20,51 ^d (1,06)

AF Almidón Filipino; AV Almidón de Valery; AC Almidón de Cavendish; AO Almidón de Orito. Ti Temperatura inicio gelatinización, TPG Temperatura Pico de Gelatinización, Tf Temperatura final gelatinización, ΔH entalpia. Valores son expresados con media de cuatro replicas. Valores con igual letra en la columna no presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIÓN

La viscosidad a 95 °C., no presenta diferencia significativa entre las variedades de almidón. La temperatura de gelatinización estuvo dentro de los valores reportados por otros autores, es decir, por el orden de los 79 °C, y en cuanto a la energía necesaria para alcanzar esta temperatura de gelatinización, esta presentó diferencia significativa para cada muestra de almidón. Según los resultados, el almidón de banano de las variedades estudiadas, puede ser incorporado en la elaboración de alimentos que demanden características funcionales deseables como: agentes espesantes, gelificantes y estabilizantes.

BIBLIOGRAFIA

- Banco Central del Ecuador, 2013. Estadísticas de comercio exterior. Consulta: mayo 2013. En: http://portal.bce.fin.ec/vto_bueno/comercioexterior.jsp.
- Consultado 22 Mayo 2013 en Bello, L. y col. 2004 Rendimiento de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*) estudio en planta piloto. Acta científica Venezolana vol.55 número 1, Caracas 2004: 86
- Rivas, M. 2008. Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado. *Agrociencia*, 42: 490.
- Ospina, Bernardo. 2012. Producción de Mandioca y almidón en América. 65p. En: Memorias Seminario Internacional de Mandioca y Almidón. Asunción, Paraguay.
- Núñez Santiago, María. 2008. Rheological behavior, granule size distribution and differential scanning calorimetry of cross – linked banana (*Musa paradisiaca*) starch. P. AIP Conference Proceedings 1027: 1256- 1258.
- Ruales, J. and B. Nair. 1993. Effect of processing on in vitro digestibility of protein and starch in quinoa seed. En: Memorias del Simposio en Carbohidratos. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador .257p.
- Sánchez-Rivera MM., F.J.L. García-Suárez., M. Velázquez del Valle, F. Gutiérrez – Meraz y L.A.Bello-Pérez. 2005. Efecto del tiempo de reacción en la acetilación del almidón de plátano. *Carbohydr. Polym.* 62: 50.
- Tribess, T. 2009. Thermal properties and resistant starch content of Green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT – Food Science and Technology.* 42: 1022 – 1025.
- Wiesenborn, D. 1994. Potato starch paste behavior as related to some physical/chemical properties. *Journal of Food Science.* 59: 644 – 648.

Caracterización Fisicoquímica de Masas para Galletas con Adición de Banano Bocado (*Musa acuminata*) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

*Fisicoquímica Characterization of the Preparation of Crackers Banana (*Musa acuminata*) Addition Quinoa (*Chenopodium quinoa*).*

Laura Lorena Chaparro Rojas¹; Olga Lucía Torres Vargas²

¹ Ingeniera de Alimentos, Grupo de Investigación en Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío.

² Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia
llchaparror@uqvirtual.edu.co.

Resumen. Con el propósito de aprovechar los grandes volúmenes de pérdidas en poscosecha de banano bocado (*Musa acuminata*) BB fresco, que se generan en el Departamento del Quindío, se presentan tres formulaciones de masas para galletas con diferentes contenido de Quinoa (QNA) en su formulación y BB (MBQ-15%, MBQ-30% y MBQ-50% (gr/gr). Los resultados obtenidos a partir de la caracterización fisicoquímica de las masas, indicaron una disminución del contenido de agua y un aumento en proteína, grasa y fibra, El aumento de porcentaje de QNA en las masas produjo una disminución en la luminosidad y un aumento en la firmeza de las masas. Los resultados obtenidos generan una alternativa posible en la diversificación industrial del BB producido en el Departamento del Quindío.

Palabras clave: *perdidas poscosecha, perfil de textura, color.*

Abstract. In order to leverage the large volumes of post-harvest losses sandwich banana (*Musa acuminata*) fresh BB, which are generated in the Department of Quindío, three formulations of cookies dough are presented with different content of Quinoa in their formulation (QNA) and BB (MBQ-15%, MBQ-30% and MBQ-50% (g/g). Results obtained from physicochemical characterization of the masses, suggested decreased water content and an increase in protein, fat and fiber, the percentage increase in the masses of QNA was a decrease in luminosity and an increase in the strength of the masses. The results generate a possible alternative in industrial diversification BB produced in the Department of Quindío.

Key words: *post-harvest losses, texture profile, color*

INTRODUCCIÓN

Las galletas son ampliamente consumidas en el mundo por su facilidad de consumo y larga vida útil (Agama-Acevedo *et al.*, 2012). Existen estudios para mejorar el valor nutritivo de las galletas mediante la incorporación de la proteína, granos y fibra (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010).

La Quinoa (QNA) es un alimento de origen vegetal, cultivado en las zonas andinas, está asociada a leguminosas con un alto contenido de proteínas (13%), es una buena fuente de flavonoides y compuestos bioactivos, es rica en hierro, calcio fósforo, fibra y vitamina y proporciona un valor calórico de 350 cal/g, sus propiedades medicinales se relacionan con su capacidad para controlar el exceso de colesterol en sangre, es una semilla libre de gluten, por lo que puede ser consumida sin temor por personas celíacas (Rastogi *et al.*, 2013). La importancia de la QNA ha sido reconocida en seguridad alimentaria, nutrición y erradicación de la pobreza (Nascimento *et al.*, 2014); su consumo ha tenido un crecimiento sustancial en todo el mundo (Giménez *et al.*, 2013). A pesar de su importancia nutricional, sólo algunos de alimentos la incluyen en su formulación (EuroFIR, 2013).

El banano bocadillo (BB), es una especie que pertenece a la familia de las Musáceas, se cultiva en el departamento del Quindío y otras regiones del país, se caracteriza por ser una fuente alternativa de hidratos de carbono no digeribles y antioxidantes que lo potencian como una fuente energética, haciendo necesaria su inclusión en la dieta humana (Amórtégui *et al.*, 2012) y en la formulación de nuevos alimentos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es la estandarización de la formulación de masas para galletas, utilizando como materia prima BB fresco y adición de QNA en diferentes porcentajes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las masas. BB fresco, cultivado en la Hacienda los Samanes, vereda Palermo km 2 vía Quimbaya-Montenegro, Quindío, Colombia fue utilizado como materia prima para la obtención de las masas. El corte del banano fue realizado con un tiempo de siembra de 11 meses y los insumos para la elaboración de las galletas fueron suministrados por la empresa Tecnas S.A. El termino premezcla se refiere a la mezcla de harina

de trigo, maltodextrina, fructuosa, leudante, sacarosa y estevia. Para enriquecer las masas para las galletas se adicionó QNA en diferentes porcentajes MBQ-15%, MBQ-30% y MBQ-50% (gr/gr); estas y fueron comparadas con una masa de control MC como se muestra en la Tabla 1. Los ingredientes fueron mezclados completamente en una mezcladora (Kitchen Aid KSM15SPS).

Tabla 1. Formulación de masas de galletas con adición de BB y QNA.

Ingredientes	Masas de BB y QNA			
	MC	MBQ-15	MBQ-30	MBQ-50
Premezcla	350	315	245	175
Banano B	15	15	15	15
Mantequilla	22	22	22	22
Quinoa	0	35	105	175

MBQ-15 = 15g/100g de banano bocadillo, MBQ-30 = 30g/100g de banano bocadillo, MBQ-50 = 50g/100g de banano bocadillo.

Composición química. El contenido de humedad, grasa, proteína, fibra, ceniza y carbohidratos, fueron determinados utilizando los métodos de análisis de AOAC. (1995). El análisis de textura se realizó mediante un análisis de perfil de textura (TPA) con cilindro de prueba p/35 utilizando un analizador de textura Stable MicroSystem TA-XT2i. Las muestras fueron comprimidas dos veces a 50% de su altura original con un cilindro de compresión de 35 mm de diámetro. Las curvas tiempo fuerza se registraron a una velocidad de 1mm/min. El color de las masas se reportó en el sistema CIELAB en un espectro colorímetro Hunter Lab (Color Quest XE). Los atributos de color de luminosidad (L^*), croma (C) y ángulo de tono (h) se midieron por triplicado a la superficie de las masas, utilizando el área de visualización de 25 mm de abertura, iluminante D65 y 10°.

Para establecer el efecto de la inclusión de BB y QNA en la formulación de las masas se realizó un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%, utilizando el programa StatGraphics Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros químicos analizados se muestran en la Tabla 2. Una relación significativa ($p < 0.05$) se observa

entre el aumento de inclusión de quinua en la formulación de las masas y la disminución del contenido de agua, No hubo una diferencia significativa en el contenido de proteína para las masas preparados con la adición de 10 y 15 % de QNA. Una incorporación de 30 % (MBQ-30) aumentó el contenido de proteína en un 2,5%, grasa 3,8% y fibra 3%, este comportamiento es atribuido al aporte de QNA y el BB debido a su propia composición química.

No se observaron diferencias significativas en el contenido de ceniza en las masas analizadas. El valor de L* para MBQ-10 y MBQ-15 no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$) (42,27, 42,14 respectivamente). Sin embargo, todas las masas mostraron una disminución de L* de acuerdo con el aumento en el contenido de QNA (Tabla 3). La MBB formulada con BB y sin adición de QNA mostró el valor más alto de L*. El valor de C de las masas depende de la cantidad de QNA utilizada en la formulación ($p > 0,05$).

Una disminución en el valor de h se observa con el aumento del contenido del % QNA adicionado a las masas. La firmeza de las masas aumento por la presencia de QNA sin detectar diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los porcentajes empleados. El mayor trabajo de adhesión y elasticidad se presentó en MBB, las otras masas presentaron valores intermedios con un ($p > 0,05$).

CONCLUSIÓN

Los valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica de las masas para galletas con inclusión de QNA y BB, generan una buena fuente de energía, proteína y fibra; características que podrían ser empleadas en

la formulación de nuevos alimentos haciendo posible la diversificación del BB en el departamento del Quindío.

Se recomienda continuar con la investigación en las etapas de horneado y evaluación sensoria.

Tabla 2. Composición química de masas para galletas con BB y QNA (g/100g).

Contenido (%)	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	CHO
MC	22,24±0.05	7,48±0.041	25,57±0.03	1,25±0.03	2,38±0.03	79,7±0.02
MBQ-10	21,84±0.08	8,5945±0.03	27,05±0.02	3,52±0.05	2,26±0.04	75,94±0.05
MBQ-15	17,50±0.01	8,6931±0.02	26,16±0.01	3,58±0.02	2,24±0,03	75, 44±0.03
MBQ-30	18,03±0.04	8,9707±0.06	29,43±0.02	4,29±0.01	2,25±0,05	75,36±0.12

Tabla 3. Atributos de color (L*, C, h) y textura para masas para galletas con BB y QNA (g/100g).

	Color			Textura		
	L*	C*	h	Firmeza (N)	Adhesividad (N/m)	Elasticidad (%)
MBB	48,804	18,775	77,270	292,073	-49,768	0,466
MBQ -10	42,277	13,079	70,925	724,878	-18,922	0,244
MBQ-15	42,146	10,285	66,088	735,702	-18,518	0,261
MBQ-30	41,944	10,156	65,160	742,63	-17,462	0,254

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración a la planta de panificación del Centro de Estudios y Prácticas Académicas y Sociales CEPAS y al laboratorio de poscosecha de la Universidad del Quindío.

BIBLIOGRAFIA

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC, fifteenth Ed.
 Agama-Acevedo, E., J.J. Islas-Hernández, G. Pacheco-Vargas, P. Osorio-Díaz and L.A. Bello-Pérez. 2012.

- Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. *LWT Food Science and Technology* 46(1): 177-182.
- Alvares-Jubete, L., M. Auty, A.K. Arendt and E. Gallagher. 2010. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Euro Food Res Technol* 230: 437-445.
- Amórtégui-Ferro, I., E. Capera-Ducua and J. Godoy-Acosta. 2001. El cultivo del bocadillo. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural, Primera edición, La opinión, Armenia (Q). 59p.
- European Food Information Resource-AISBL. <http://www.eurofir.net>. Retrieved: Marzo. 2014.
- Giménez, M.A., S.R. Drago, D. De Greef, R.J. González, M.O. Lobo and N.C. Samman. 2012. Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation. *Food Chemistry* 134(1): 200-206.
- Nascimento, A.C., C. Mota, I. Coelho, S. Gueifão, M. Santos, M. Matos, A. Giménez, M. Lobo, N. Samman and I. Castanheira. 2014. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry* 148(1): 420-426.
- Rastogi, A. and S. Shukla. 2013. Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical. *Critical Reviews in Food Science and Nutritional* 53(1):109-125.

Esquema de Extracción de Polisacáridos como Carbohidratos Totales a Partir del Macromiceto *Grifola Frondosa*

*Scheme of Polysaccharides Extraction from *Grifola Frondosa* Macromycetes Determined as total Carbohydrates*

Sandra Montoya¹; Óscar Julián Sánchez¹

¹ Universidad de Caldas, Planta de Bioprocesos, Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria
Calle 65 No. 26-10, 170004, Manizales, Colombia.
E-mails: sandra.montoya@ucaldas.edu.co, osanchez@ucaldas.edu.co

Resumen. *Grifola frondosa* (maitake) es un hongo promisorio por su alto valor nutracéutico. Modernos estudios han demostrado que *G. frondosa* tiene efectos positivos sobre el sistema inmune, propiedades antitumorales y es útil en tratamientos de quimioterapia. En este estudio se desarrolló un esquema de extracción de polisacáridos del basidioma de *G. frondosa* seco y molido en tres fracciones diferentes. La primera fracción se obtuvo con agua, mientras que las dos fracciones siguientes se obtuvieron con solución alcalina a concentraciones de 2 y 5% de KOH respectivamente. Como resultado inicial se obtuvo la cantidad de carbohidratos totales, proteína total, nitrógeno orgánico total, nitrógeno no proteico y azúcares reductores a cada una de las fracciones. Asimismo, se realizó un balance general de masa al cuerpo fructífero en la que se determinó la cantidad de grasa total, de quitina, y de las fracciones soluble e insoluble.

Palabras clave: *Grifola frondosa*, basidioma, balance de masa, carbohidratos totales

Abstract. *Grifola frondosa* (maitake) is a promising fungus for its high nutraceutical value. Modern studies have shown

that *G. frondosa* has positive effects on the immune system, anti-tumor properties and is useful for chemotherapy treatments. In this study an extraction scheme of basidioma polysaccharides of dried and ground *G. frondosa* in three different fractions was developed. The first fraction was obtained with water, whereas the following two fractions were obtained with alkaline solution at concentrations of 2% and 5% KOH respectively. First results were the amount of total carbohydrate, total protein, total organic nitrogen, protein nitrogen, and reducing sugars of each of the obtained fractions. Furthermore, it was performed an overall mass balance of the fruit body in which the amount of total fat, chitins, and the soluble and insoluble fractions were determined.

Key words: *Grifola frondosa*, basidioma, mass balance, total carbohydrates.

INTRODUCCIÓN

Los hongos medicinales tienen un alto valor nutricional por su contenido de proteínas, péptidos, polisacáridos, terpenos y otras sustancias bioactivas; estas características los convierten en

alimentos nutraceuticos cuando son consumidos directamente por el hombre. Los polisacáridos han sido de interés científico en los últimos años por su acción sobre el sistema inmune siendo extraídos tanto del micelio como de basidiomas de diferentes especies de hongos con atributos medicinales o de los exopolisacáridos excretados a los caldos de cultivo de las fermentaciones sumergidas. Los polisacáridos de *G. frondosa* contienen dextranos, glucosa, xilosa, fucosa, manosa y pequeñas cantidades de proteína que lo hace promisorio para la obtención de sustancias bioactivas sobre el sistema inmune (Xia *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue desarrollar un esquema de extracción de polisacáridos del basidioma *G. frondosa* para la obtención de fracciones con carbohidratos solubles y no solubles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de polvo de *G. frondosa*. Trozos del basidioma de *G. frondosa* se llevaron a la estufa a 105°C hasta peso constante; luego se trituraron en un molino de cuchillas modelo Cyclotec 1093 hasta un tamaño de partícula malla 180–200.

Esquema de extracción. Se realizaron tres extracciones al carpóforo seco y molido libre de grasa a temperatura de ebullición por tres horas cada una: extracción al sólido (fracción I, acuosa) y dos extracciones sucesivas al sólido residual anterior con solución de KOH al 2% y 5% respectivamente (fracciones II y III). A las fracciones I, II y III se les realizó una nueva extracción con etanol concentrado grado reactivo para precipitar los polisacáridos.

Determinación de componentes de las fracciones obtenidas. Los polisacáridos precipitados con etanol concentrado de las fracciones I, II y III fueron determinados como carbohidratos totales con la prueba del fenol sulfúrico. Asimismo, a cada fracción se le determinaron los siguientes componentes: proteína total con método de Lowry, azúcares reductores por el método del ácido dinitrosalicílico (DNS), nitrógeno total por el método de Kjeldahl y al sólido residual final, se le determinó el contenido de N-acetil-D-glucosamina (NAGA) (Plassard *et al.*, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este esquema de extracción (Figura 1) se desarrolló con el fin de dar un aporte inicial para dilucidar la composición química del hongo *G. frondosa* y contribuir con las necesidades que se tienen para la determinación de la composición química de cada una de las fracciones obtenidas. Lo anterior contribuye directamente al desarrollo de un esquema de purificación de moléculas que permita realizar, en el futuro, pruebas de actividad biológica sobre los componentes puros obtenidos y compararlas con las obtenidas de las fracciones precursoras de *G. frondosa*. En la Tabla 1 se consolidan los datos de composición química obtenidos de las diferentes fracciones y en la Tabla 2 se consolida

el perfil de balance de masas para el basidioma de *G. frondosa*. Es de anotar que varios investigadores han propuesto diversos tipos de esquemas de extracción para la obtención de las fracciones que permitan determinar de forma aproximada la composición química de éstas y su actividad biológica (Amaral *et al.*, 2008; Stepanova *et al.*, 2007). Sin embargo, no hay hasta el momento un esquema general como el mejor para la obtención de las fracciones destinadas para la obtención de sustancias bioactivas de basidiomas de macromicetos como *G. frondosa*. El esquema de extracción propuesto en este trabajo es una alternativa para la obtención de tres fracciones del basidioma *G. frondosa* de forma estable y rápida en comparación con los esquemas propuestos por otros investigadores.

Tabla 1. Composición química del cuerpo fructífero de *G. frondosa*

Componente	Fracción (mg/g de hongo seco)
Proteína total (soluble)	48,34±0,24
Nitrógeno total	56,56±0,71
Nitrógeno no proteico	48,83±0,016
Polisacáridos como carbohidratos totales	170,25±0,85
Azúcares reductores	4,91±0,082
Quitina (como NAGA)	131,56±0,17

Los contenidos son referidos al sólido seco inicial Los contenidos son referidos al sólido seco inicial

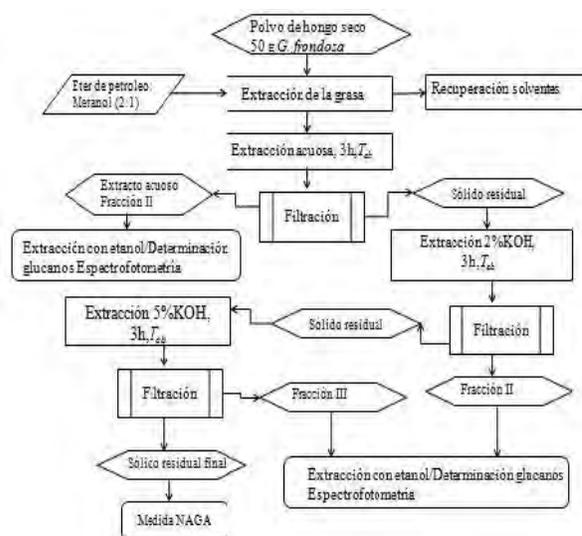


Figura 1. Esquema de extracción polisacáridos de basidioma de hongo *G. frondosa*

Tabla 2. Balance de masa cuerpo fructífero de *G. frondosa*

Componente	Fracción (% p/p)
Sólido seco inicial	95
Grasa total	5,308
Fracción soluble	67,86
Sólido residual	26,825

En la Figura 1 se observa cómo se obtienen las tres fracciones propuestas a partir de polvo de basidioma de *G. frondosa* y en las Tablas 1 y 2 las fracciones p/p obtenidas corresponden a los porcentajes del balance de masa total a partir del 95% del sólido inicial como el basidioma o cuerpo fructífero de *G. frondosa* con el 5% de humedad; al cual se le determinó grasa total, la fracción soluble (sumatoria de las tres fracciones obtenidas), sólido residual (obtenido de la última extracción) y el contenido de NAGA, determinado al sólido residual. Asimismo, en la Tabla 1 se consignan la sumatoria de los componentes obtenidos en cada una de las fracciones obtenidas.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del esquema de extracción para el basidioma *G. frondosa* realizado en este trabajo, hace una contribución al conocimiento de la composición química general de este hongo con atributos medicinales y nutraceuticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaral, E., R. Carbonero, G. de Cássia, K. Kadowaki, L. Sasaki-Guilherme, A. Osaku, A.J. Gorin and M. Iacomini. 2008. An unusual water-soluble β -glucan from the basidiocarp of the fungus *Ganoderma resinaceum*. *Carbohydrate Polymers* 72 (3): 473–478.
- Lowry O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193: 265 - 275.
- Plassard, C., D. Mousain and L. Salsac. 1982. Estimation of mycelial growth of basidiomycetes by means of chitin determination. *Phytochemistry* 21(2): 345–348.
- Stepanova L.V., V.E. Nikitina, and A.S. Boiko. 2007. Isolation and Characterization of Lectin from the Surface of *Grifola frondosa* (Fr.) S.F. Gray Mycelium. *Microbiology*: 76 (4): 429–434.
- Xia F., Q.H. Chen, L. Gao, D.L. Shi, Q. Kuang and M. Sun. 2013. Progress in research on the application of edible-medicinal fungi polysaccharides. In: *Proceedings of the 7th International Medicinal Mushroom Conference*: 784–785

Perfil de Carotenoides y Contenido de Polifenoles del Pseudofruto de Marañón (*Anacardium occidentale*)

*Carotenoids Profile and Polyphenol Content of Crasw Apple (*Anacardium occidentale*)*

Neith A. Pacheco López¹ e Ingrid Rodríguez- Buenfil

¹ Dra. en Biotecnología. Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco (CIATEJ) Unidad sureste. Mérida, Yucatán. Email: npacheco@ciatej.mx

² Dra. en Procesos Biotecnológicos. Directora del CIATEJ Unidad sureste. Email: irodriguez@ciatej.mx

Resumen. El marañón es un fruto no climatérico formado por la nuez conocida comúnmente como nuez de la india y el pseudofruto, el cual contiene diferentes compuestos de interés nutrimental tales como los carotenoides y polifenoles. Debido a que solo la nuez es industrialmente aprovechada, alternativas de uso del pseudofruto que generalmente es desechado son necesarias. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de polifenoles, la actividad antioxidante y el perfil de carotenoides mayoritarios en el pseudofruto del marañón tanto completo, como en la cáscara

y la pulpa. Los resultados indicaron que el máximo contenido de polifenoles se observó en la cáscara ($136,22 \pm 0,04$ mg EAG / g BS), sin embargo la actividad antioxidante fue mayor en los extractos del fruto completo. La concentración total de carotenoides en el fruto completo fue de $211,9 \pm 13,5$ μ g/100 g, en la cáscara de $939,7 \pm 46,9$ μ g/100 g y en la pulpa de $337,7 \pm 8,5$ μ g/100 g. La determinación de polifenoles con actividad antioxidante y el perfil de carotenoides a partir del pseudofruto de marañón podrían facilitar su posible uso en la industria alimenticia.

Palabras clave: α -caroteno, β -caroteno, *Anacardium occidentale*.

Abstract. Cashew apple is a non-climacteric fruit formed by the nut and an apple which contains different compounds of nutritional interest such as carotenoids and polyphenols. Because only the nut is industrially exploited and the apple is commonly discarded, alternatives to the use of it are needed. The aim of this study was to determine the polyphenol content, antioxidant activity and the profile of the major carotenoids presented in the whole apple, peel and pulp. The results indicated that the highest polyphenol content was observed in the peel (136.22 ± 0.04 mg EAG / g BS), however the antioxidant activity was higher in the extracts of the whole fruit. The total concentration of carotenoids in the whole fruit was 211.9 ± 13.5 μ g/100g, in the peel 939.7 ± 46.9 μ g/100g and in the pulp 337.7 ± 8.5 μ g/100g. Determination of polyphenols, antioxidant activity and carotenoids profile from cashew apple, could facilitate their possible use in the food industry.

Keywords : α -carotene, β -carotene, *Anacardium occidentale*.

INTRODUCCIÓN

El marañón es un fruto no climatérico formado por la nuez y el pseudofruto el cual contiene diferentes compuestos de interés nutricional tales como los carotenoides y los polifenoles (Asunsao *et al.*, 2003). Aunque la nuez, conocida comúnmente como la nuez de la india, es ampliamente comercializada y consumida, el pseudofruto no ha sido completamente aprovechado y por lo general es desechado ocasionando un problema medio ambiental (Asunsao *et al.*, 2003). Por otra parte, los carotenoides y los polifenoles son de gran interés comercial debido a sus diversas funciones contra una serie de problemas de salud y los cuales son ampliamente usados en la industria alimenticia. Así mismo, basándose en las propiedades químicas y físicas de los carotenoides, la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) ha sido el método analítico más utilizado para su determinación (Rivera *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo fue la determinación del perfil de carotenos mayoritarios y concentración de polifenoles totales así como la determinación de la actividad antioxidante en el pseudofruto del marañón *Anacardium occidentale*.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material biológico: Pseudofruto de marañón *Anacardium occidentale* provenientes del estado de Campeche.

Métodos. La extracción de polifenoles totales se realizó de acuerdo al método establecido en trabajos previos. El contenido de polifenoles y la actividad antioxidante totales se cuantificaron de acuerdo a lo descrito por Vasco *et al.*, (2008). La extracción de los carotenoides se llevó a cabo modificando la metodología descrita por Biehler *et al.*, (2009). La cuantificación de carotenoides se llevó a cabo por HPLC modificando la metodología descrita por Assuncao *et al.*, (2003). La identificación y cuantificación se realizó mediante el uso de estándares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las extracciones de polifenoles y carotenoides se llevaron a cabo en el fruto completo así como en la cáscara y pulpa por separado. Los resultados de polifenoles totales expresados como mg de ácido gálico (EAG) por g de muestra en base seca y la actividad antioxidante se muestran en la Tabla 1. El máximo contenido de polifenoles se observó en la cáscara y fue de $136,22 \pm 0,04$ mg EAG / g BS y la más baja en la pulpa ($26,99 \pm 0,17$ mg EAG / g BS), siendo significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre ellas, sin embargo la actividad antioxidante fue mayor en los extractos del fruto completo. Rufino *et al.*, (2010), reportaron concentraciones más bajas de 28mg EAG/g BS en marañón de Ecuador. Comparado con otros frutos se encontró que el contenido de polifenoles en el fruto completo es mayor que el reportado en cítricos.

Tabla 1. Contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante de muestras del pseudofruto de marañón completo, cáscara y pulpa.

Muestra	Polifenoles totales (mg EAG / g BS)	Actividad antioxidante IC ₅₀ (g EAG/ g DPPH)
Completa	72.80 ± 17.5^b	9.5 ± 0.5^a
Cáscara	136.22 ± 6.7^a	2.04 ± 0.05^b
Pulpa	26.99 ± 4.7^c	1.8 ± 0.02^b

Letras similares en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los espectros de los carotenoides obtenidos presentaron un comportamiento muy similar en los 3 casos, mostrando 3 picos bien definidos correspondientes a β -criptoxantina, α -caroteno y β -caroteno, picos 3, 4, 5 (figura 1), picos 1 y 2 no fueron posibles de separar debido a su proximidad y rápida degradación pero identificados como violaxantina y luteína (Figura 1).

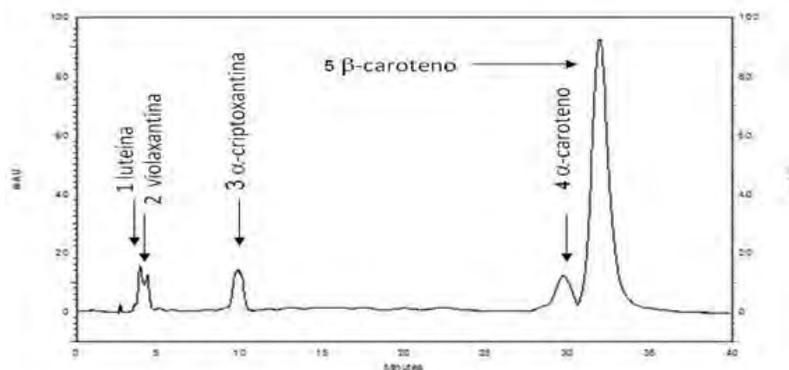


Figura. 1. Cromatograma obtenido mediante HPLC de carotenoides del pseudofruto de marañón.

Tabla 2. Contenido de carotenoides en muestras del pseudofruto de marañón completo, cáscara y pulpa.

Carotenoides	Contenido ($\mu\text{g}/100\text{g}$ de parte del pseudofruto de marañón)		
	Completo	Cáscara	Pulpa
β -criptoxantina	9.1 + 1.6	26.8 + 3.2	5.85 + 1.4
α -caroteno	44.7 + 8.1	241.9 + 10.4	41.32 + 1.6
β -caroteno	167.2 + 6.5	697.4 + 37.9	296.3 + 8.7
Contenido total	211.9 + 13.5	939.7 + 46.9	337.7 + 8.5

La concentración total de carotenoides en el fruto completo fue de $211,9 \pm 13,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, en la cáscara de $939,7 \pm 46,9 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ y en la pulpa de $337,7 \pm 8,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ (Tabla 2). El contenido total de carotenoides fue ligeramente mayor al reportado en la literatura ($98 - 204 \mu\text{g}/100 \text{ g}$), además de presentar contenido de β -caroteno 2 veces mayor al reportado para el mismo fruto por Assuncao *et al.*, (2003). El valor de carotenoides totales obtenidos en la pulpa del marañón fue mayor al reportado en otros frutos como: uvas ($110 \mu\text{g}/100 \text{ g}$), y similar al encontrado en plátano ($350 \mu\text{g}/100 \text{ g}$), cerezas ($330 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) y papaya ($233 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) de acuerdo a lo reportado por Biehler *et al.*, 2009.

CONCLUSIONES

El pseudofruto de marañón representa una importante fuente de compuestos fitoquímicos como los polifenoles y carotenoides. El mayor contenido de polifenoles y carotenoides se obtuvieron en la cáscara, sin embargo la máxima actividad antioxidante se presentó en el fruto completo. Los carotenoides y de manera

específica el β -caroteno pudiera ser aprovechado en la industria alimenticia, ya que al ser de origen natural incrementaría el valor nutrimental de los alimentos a los que se adicione. El uso de HPLC para la cuantificación de los principales carotenoides del pseudofruto del marañón representó una herramienta analítica adecuada.

AGRADECIMIENTOS.

Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Campeche. CAMP-2009-C01-126354.

BIBLIOGRAFÍA.

- Assuncao, R.B. and Mercadante 2003. Carotenoids and ascorbic acid from cashew Apple (*Anacardium occidentale* L.). variety and geographic effects. *Food Chemistry* 81:495-502.
- Biehler, E., Mayer, F., Hoffmann, L., Krause, E., Bohn, T. 2009. Comparison of 3 Spectrophotometric Methods for carotenoide determination in frequently consumed fruits and vegetables. *Journal of Food Sciene.* 75(1):55-6
- Rufino, M., J. Perez, M. Taberner, R. Alves, E. Brito and F. Saura. 2010. Acerola and cashew apple as sources of antioxidants and dietary fibre, *International Journal of Food Science and Technology* 45, 2227-2233.
- Rivera, S.M. and R. Canela-Garayoa. 2012. Analytical tools for the analysis of carotenoids in diverse materials. *Journal of chromatography A.* Volume 1224: 1-10
- Vasco, C., J. Ruales and A. Kamal. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry.* 111: 816-823.



Microbiología y Aseguramiento de Calidad

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Composición Volátil de <i>Solanum quitoense</i> Mediante Microextracción en Fase Sólida del Espacio de Cabeza <i>Eduardo Javid Corpas Iguarán; Gonzalo Taborda Ocampo; Alejandro Garcés Haro</i>	776
Evaluación in vitro de la Actividad Antifúngica del Aceite Esencial de Limoncillo (<i>Cymbopogon citratus</i>) sobre <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Aislado de Tomate de Árbol (<i>Solanum betaceum</i> (Cav.) Sendtn) <i>Margareth Santander-Muñoz; Leidy Cerón Martínez; Oswaldo Osorio Mora</i>	778
Actividad Antimicrobiana de Mieles de <i>Apis mellifera</i> de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia <i>Carolina Vega-Oliveros, Carolina Gutiérrez-Cortés, Consuelo Díaz-Moreno</i>	780
Evaluación de la Efectividad de dos Desinfectantes en el Proceso de Elaboración de Ensaladas <i>Lida Yaneth Maldonado M; Yohanna Maldonado O; Carlos Alberto Jiménez S</i>	783
Evaluación In Vitro de la Actividad Antibacteriana de Extractos Etanólicos de Propóleo Provenientes de Confines – Santander <i>Carolina Castillo F., Héctor Suarez M., Viviana Sánchez A</i>	785
Optimización de la relación carbono/nitrogeno para la acumulación de pha a partir de almidón hidrolizado <i>José Luis Hoyos C., Elizabeth Rojas F., Katherin Ruiz M., Rocío Elejalde U., Héctor Samuel Villada C.</i>	787
Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de Extractos Etanólicos de Propóleo en Bacterias Patógenas <i>Héctor Suarez Mahecha, Carolina Castillo Figueroa, Viviana Sánchez Arévalo</i>	789
Comparación entre la Calidad Microbiológica de Miel de <i>Tetragonisca Angustula</i> y de <i>Apis Mellifera</i> <i>Paola Olaya-Sarmiento, Carolina Gutiérrez-Cortés, Claudia Hernández</i>	791
Origen Floral de Mieles de Cafetales Orgánicos en la Sierra Nevada de Santa Marta <i>León-Bonilla, Daniela, Nates-Parra, Guiomar</i>	794
Evolución de la Textura en Tilapia Roja Eviscerada y sin Eviscerar Almacenada en Hielo <i>Nelson Gutiérrez G., Claudia Milena Amorocho C., Yaneth Liliana Ruiz O</i>	796
Análisis del Sistema de Trazabilidad de Productos Cárnicos de Búfalo (<i>Bubalus bubalis</i>) en Barrancabermeja <i>Víctor Andrés Gómez Ruiz; Angélica María Cervantes Ordóñez; Mónica María Pacheco Valderrama; Luz Elena Ramírez Gómez; Oscar Orlando Porras Atencia</i>	799
Calidad Físico-Química de Pescados Comercializados en Mercados de Porto Nacional - TO <i>Pedro Ysmael Cornejo Mujica; Irene Rodrigues Freitas; Iris S. Pereira Morais y Eduardo Sousa dos Anjos</i>	802

Evaluación Instrumental de Salchichas Elaboradas con Harinas de Chachafruto (<i>Erythrina Edulis</i>) y Quinoa (<i>Chenopodium Quinoa W</i>) <i>Natalia Delgado C, William Albarracín H.</i>	804
Características de la Miel con Diferente Tiempo de Almacenamiento en Alvéolos de <i>Tetragonisca Angostula</i> <i>Doris Jannet Ascencio Tuso; Claudia Hernández y Martha Cecilia Quicazán</i>	807
Efecto Antimicrobiano de la Batata (<i>Ipomoea batatas</i>) y el Limón Criollo (<i>Citrus limon</i>). <i>Beatriz Elena Álvarez Badel; Angélica María Abdallah Ruíz</i> <i>y Alba Manuela Durango Villadiego</i>	809
Materiales de Referencia Certificados, Herramienta para el Aseguramiento Metrológico en el Análisis de Alimentos <i>Luisa Juana Bernal Roa; Ivonne Alejandra González Cárdenas</i>	811
Estudio y Clasificación de Mielles Colombianas Mediante Redes Neuronales Artificiales y Análisis de Conglomerados <i>Laura María Reyes Méndez; Guillermo Salamanca Grosso; Nelson Rodríguez Arias</i>	813
In Vitro Antimicrobial Activity of Chitosan and Citric Essential Oil Edible Coatings <i>Rico Rodríguez, Fabián; Gutiérrez Cortés, Carolina; Díaz Moreno, Consuelo</i>	815
Estudio del Proceso de Maduración de Plátano Dominicano Hartón (<i>Musa Aab Simmonds</i>) por la Técnica de Impedancia Eléctrica. <i>JJ Alzate L., Germán Giraldo G., Ángela Viviana Alzate C., H. Correa</i>	817
Perfil Cromatográfico y Actividad Antimicrobiana del Aceite Esencial en la Planta Cruz de Mayo <i>Piedrahita Márquez David Guillermo; Quijano Celis Clara Elizabeth; Vanegas Maria Consuelo</i>	820
Identificación de Microorganismos Patógenos en Canales Bovinas en una Planta de Sacrificio <i>Lida Yaneth Maldonado M; Luz Alba Caballero P; Yohanna Maldonado O.</i>	822
Evaluación Microbiológica de Quesos Cuajo Artesanales e Industriales Comercializados en la Ciudad de João Pessoa, Paraíba – Brasil <i>Almeida, C.C ; Santos, L. M.; Ferreira Neto; J.C, Holanda, D.H.</i>	825
Caracterización Físicoquímica y Elucidación de los Constituyentes Volátiles Del Aceite Esencial de <i>Myrica parvifolia</i> (Benth.) Parra-O <i>Piedrahita Márquez David Guillermo; Quijano Celis Clara Elizabeth</i>	827
Evaluación de Antocianinas de Berenjena (<i>Solanun melongena L.</i>) Sinu Medio, Mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución <i>Guillermo Arrazola P; Armando Alvis B; Irina Herazo C</i>	829
Evaluación del Nivel de Cumplimiento Normativo E Inocuidad en Plantas de Beneficio Bovino <i>Luis Miguel Osorio Murt; Lina María García Rivera; Darwin Carranza-Saavedra;</i> <i>Henry Alexander Váquiro Herrera; José Fernando Solanilla Duque.</i>	832
Contenido Proteico y Digestibilidad Aparente de Polen Apícola y Pan de Abejas del Altiplano Cundiboyacense <i>Lizeth Castro; Carlos Zuluaga; Martha Quicazán.</i>	834
Evaluación de Indicadores Microbiológicos de Inocuidad y Calidad en Plantas de Beneficio de Ganado Bovino <i>Lina María García Rivera; Darwin Carranza-Saavedra;</i> <i>Henry Alexander Váquiro Herrera; José Fernando Solanilla Duque</i>	836
Predicción Microbiológica de Vida Útil por Pruebas Aceleradas en Pulpa de Guanábana Tratada por Microondas. <i>Alfredo López-Molinello</i>	839

Caracterización Físicoquímica de Mieles Originarias de Cultivos Cafeteros de la Sierra Nevada de Santa Marta <i>Andrea Nieto, Jairo M. García, Consuelo Díaz-M. y Marta C. Quicazán</i>	841
Contenido Mineral de Mieles Originarias de Cultivos Cafeteros de la Sierra Nevada de Santa Marta <i>Andrea Nieto; Yuly Correa; Jairo M. García y Consuelo Díaz-M.</i>	844
Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas, Microbiológicas y Perfil Sensorial del Queso Paipa <i>Mónica Patricia Osorio Tangarife; José Libardo Tapiero Cuellar; Guillermo Salamanca Grosso</i>	846
Diagnóstico de <i>Listeria monocytogenes</i> en Ensaladas del Restaurante Central y Aledaños Universidad del Tolima <i>Carlos Javier Puentes Pérez y Martha Lily Ocampo Guerrero</i> ²	849
Diversity of Toxigenic <i>Bacillus cereus</i> in Powder Milk <i>Jennifer Sánchez; Margarita Correa O.; Angel E Aceves-Diez y Laura M. Castañeda-Sandoval</i>	851
Calidad de las Harinas de Corozo Producidas por Deshidratación <i>Eliana J. Sanjinez Argandoña ; Camila A.C. Correia y Ivanise G. Branco</i>	853
Evaluación durante el Almacenamiento de la Viabilidad de un Probiótico en Barras de Cereal <i>Liliana Serna- Cock; Jorge E. Angulo-López; Jaiber H. Rodriguez-Llanos</i>	856
Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de extractos Etanólicos de Propóleo en Bacterias Patógenas <i>Héctor Suarez Mahecha; Carolina Castillo Figueroa y Viviana Sánchez Arévalo</i>	858
Actividad Antifúngica de los Extractos y Aceites Esenciales en el Control de <i>Aspergillus flavus</i> Link <i>Juliana Arakaki Takemoto; Teresa Cristina Castilho Gorayeb and João Cláudio Thoméo</i>	860
Infusiones Ricas en Compuestos Fenólicos con Potencial para el Tratamiento de la Depresión <i>Clara Grosso; Federico Ferreres; Angel Gil-Izquierdo;</i> <i>Patrícia Valentão; Paula B. Andrade</i>	863
Indicadores Microbiológicos de Estabilidad e Inocuidad de Miel de Mellipona eburnea Durante el Almacenamiento <i>Claudia Hernández Londoño; Doris Jannet Ascencio ; Marta Cecilia Quicazán</i>	865
Identificación de Factores Microbiológicos Asociados al Deterioro de Jugo (Naranja-Mandarina) Mínimamente Procesado para su Bioconservación <i>Johanna Serna-Jiménez; Duvan Ortiz C; Victor Clavijo-Romero</i>	867
Correlación de Coordenadas CIELAB y el Análisis de Imágenes Digitales en Pasta de Tomate. <i>Andrea Melisa Vásquez-Riascosy Luis Eduardo Ordóñez-Santos</i>	871
Evaluación de la Efectividad de Dos Desinfectantes en el Proceso de Elaboración de Ensaladas <i>Lida Yaneth Maldonado M; Yohanna Maldonado O; Carlos Alberto Jiménez S.</i>	873
Estandarización de un Cultivo Iniciador de <i>Lactobacillus Casei subsp. rhamnosus</i> para la Producción de Biomasa. <i>Vladimir Vallejo-Castillo; Bertha Ruales-Guzmán;</i> <i>Milena Guerrero-Flórez; Oscar Burbano-Figueroa</i>	875

Composición Volátil de *Solanum quitoense* Mediante Microextracción en Fase Sólida del Espacio de Cabeza

Volatile Composition of *Solanum quitoense* Using Headspace – Solid Phase Microextraction

Eduardo Javid Corpas Iguarán¹; Gonzalo Taborda Ocampo²; Alejandro Garcés Haro³

1 Docente investigador del Instituto de Investigación en Microbiología Agroindustrial de la Universidad Católica de Manizales. Correo electrónico: eduardocorpas@hotmail.com

2 Docente investigador, Director de la Maestría en Química de la Universidad de Caldas. Correo electrónico: gtaborda@ucaldas.edu.co

3 Estudiante del programa de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: ag_haro@hotmail.com

Resumen. El presente reporte constituye el primer referente de la fracción volátil de *Solanum quitoense* y de especie alguna de lulo analizada por microextracción en fase sólida por espacio de cabeza (MEFS-EC). Se planteó la implementación de MEFS-EC acoplada al análisis por cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/EM) para la identificación y cuantificación de los compuestos volátiles de *S. quitoense*. Se utilizaron tres temperaturas de adsorción de volátiles en la fibra, la cual fue inyectada en el modo split 50. En los diferentes ensayos se obtuvo una recuperación de 44 volátiles, con predominio de ésteres (45,45%), seguido de aldehídos (18,18%) y alcoholes (15,91%). El análisis descriptivo y el parámetro estadístico de la resolución indicaron que la adsorción a 60 °C promovía una recuperación adecuada de volátiles.

Palabras clave: Análisis químico, cromatografía de gases, lulo.

Abstract. This report is the first reference of the volatile fraction of *Solanum quitoense* and any species of lulo analyzed by solid phase microextraction by headspace (HS-SPME). HS-SPME was raised, coupled to the analysis by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) for identification and quantification of volatile compounds on *S. quitoense*. Three temperature of adsorption of volatile in the fiber, which was injected in the split mode 50, were used. In the different assays a recovery of 44 volatiles was obtained, with a predominance of esters (45.45%), followed by aldehydes (18.18%) and alcohols (15.91%). Descriptive analysis and statistical parameter of resolution indicated that the adsorption at 60 °C promoted adequate recovery of volatiles.

Key words: Chemical analysis, gas chromatography, lulo.

INTRODUCCIÓN

La especie de lulo *S. quitoense* Lam., nativa de Suramérica (Pulido *et al.*, 2008), es la de mayor cultivo y consumo en Colombia debido a su placentero aroma (Osorio *et al.*, 2003) y características nutricionales (Caicedo e Higuera, 2007), que le suministran potencial productivo para el procesamiento industrial (Arizala *et al.*, 2011). Hasta el momento, no existen referentes sobre la identificación de los compuestos volátiles de la especie *S. quitoense*. El método empleado para establecer el perfil volátil de la fruta influye en la eficiencia en la extracción (Vas y Vékey, 2004), y para el caso de la MEFS se tiene en cuenta como variable primordial la temperatura de adsorción. En el presente estudio se implementó la técnica MEFS-EC acoplada al análisis por GC/MS para la identificación y determinación del área relativa de los compuestos volátiles de *S. quitoense*.

MATERIALES Y MÉTODO

Proceso experimental. Se realizaron ensayos para ajustar condiciones de análisis por GC/MS, como: rampa de temperatura, modo de inyección, entre otros. Luego, se evaluaron por duplicado las temperaturas de adsorción de 20, 40 y 60 °C, con tiempo de 30 minutos, buscando establecer si al aumentar la temperatura se incrementa del número de compuestos recuperados.

Método utilizado. La muestra fue suministrada por la empresa Agro In-vitro S.A.S. Se aplicó el método de MEFS-EC, colocando en el espacio de cabeza de la muestra una fibra Supelco TM de 75 µm, Carboxen-PDMS. Para el proceso de separación cromatográfica se utilizó una columna SHRVGC (30 m x 0,25 mm ID x 1,4 µm DF, Shimadzu). La identificación se realizó por comparación con los espectros de masas de la biblioteca NIST® 2008 y la cuantificación se efectuó a partir de la cantidad relativa de cada

compuesto, expresada como área relativa del total del área de los picos. Para el análisis de datos se utilizó el software SPSS® versión 22.

Condiciones analíticas establecidas. Para el proceso cromatográfico, se determinó una temperatura de inyección de 230 °C, flujo a velocidad lineal de 36 cm s⁻¹, presión de 55,2 kPa, modo de inyección (split 50), flujo de la columna 0,98 mL min⁻¹, flujo de purga 3 mL min⁻¹, tiempo de equilibrio 1 minuto, tiempo de corte del solvente 3 minutos. La rampa de temperatura determinada fue la siguiente: 50 °C durante 1 minuto, aumento a una tasa de 2,5 minutos hasta llegar a 150 con sostenido de 7 minutos, aumento a una tasa de 15 minutos hasta llegar a 220 con sostenido de 3 minutos y aumento a una tasa de 15 minutos hasta llegar a 230 con sostenido de 2 minutos. Las condiciones espectrométricas fueron: temperatura de la fuente de iones 235 °C, temperatura de interfase 240 °C, masa inicial 33, masa final 350.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la temperatura sobre el número de compuestos volátiles. La extracción a diferentes temperaturas de adsorción favoreció una recuperación de 44 volátiles, con predominio de ésteres (43,19%), aldehídos (18,18%) y alcoholes (15,91%). Un comportamiento similar se ha encontrado en la fracción volátil de mangaba (Santos y Nogueira, 2006), maracuyá (Pontes *et al.*, 2009) y pera china (Qin *et al.*, 2012). Al comparar con la especie de lulo *S. vestissimum*, obtenida por extracción destilación simultánea (SDE) (Suárez y Duque, 1991), 16 compuestos coincidieron con los obtenidos por SPME en el presente estudio: 10 ésteres (acetato de etilo, propionato de metilo, acetato de 3-hexen-1-ol, éster metílico del ácido butanóico, éster etílico del ácido butanóico, éster metílico del ácido 2-butenoico, éster butílico del ácido acético, éster

metílico del ácido hexanóico, éster etílico del ácido butanóico y éster hexílico del ácido acético); 3 alcoholes (3-pentanol, 3-hexen-1-ol (Z) y 1-hexanol); 2 hidrocarburos (tolueno y *o*-xileno) y 1 aldehído (2-hexenal (E)). Además, se presentó un comportamiento similar en cuanto al número de compuestos volátiles obtenidos en cada grupo, exceptuando los ésteres, de los cuales se recuperaron en promedio 13 compuestos a una temperatura de 20 °C, mientras a 40 y 60 °C se detectaron 18 y 19 compuestos respectivamente, y los alcoholes, donde se determinaron 5, 6 y 7 compuestos, a 20 40 y 60 °C, respectivamente (figura 1).

Esto indica que para la identificación de compuestos volátiles provenientes de la pulpa de *S. quitoense*, el aumento de la temperatura repercute en un aumento de la capacidad de la fibra de SPME para adsorber un número mayor de compuestos, en función de su tamaño, naturaleza química, tiempo de exposición, entre otros, pasando de 29 a 20 °C hasta 39 a 60 °C.

Comportamiento de los parámetros cromatográficos de separación. Para el factor de capacidad (k') se apreciaron valores entre 6,3 y 7,7 que reflejan un apropiado equilibrio de distribución de la muestra en su transición de la fase estacionaria a la móvil, con comportamientos similares en las temperaturas utilizadas. El factor de selectividad (α) del proceso de separación mostró un equilibrio en la diferencia de afinidad por la columna y el gas de arrastre (con valores entre 1,07 y 1,12), de los compuestos volátiles analizados, mientras la resolución fue más apropiada al aumentar la temperatura, de manera que a 60 °C fue de 2,7. Finalmente se obtuvo una adecuada eficiencia de la columna, similar a través de las temperaturas de adsorción administradas (entre 0,00013 y 0,00022). La figura 2 muestra el cromatograma obtenido a partir del análisis de la fruta.

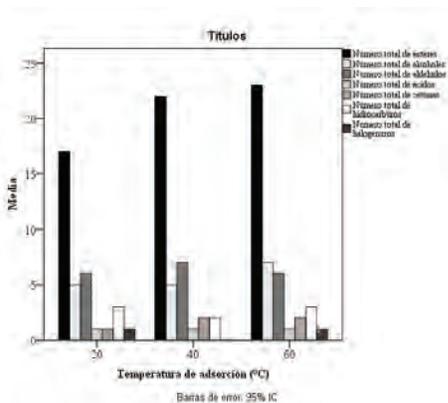


Figura 1. Número de volátiles de las diferentes clases químicas a partir de la pulpa de *S. quitoense*.

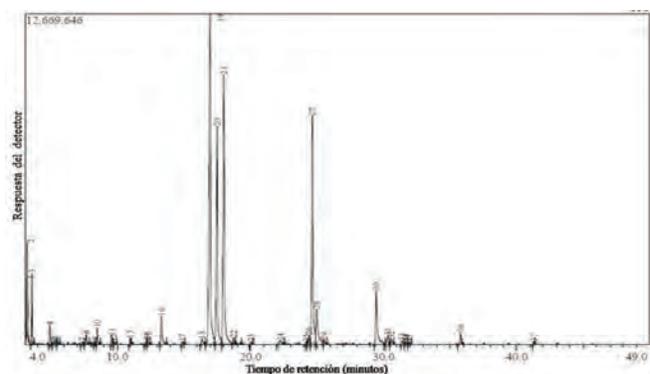


Figura 2. Cromatograma obtenido a partir de la fracción volátil de *S. quitoense* por MEFS-EC.

CONCLUSIÓN

Se generó el primer referente de la fracción volátil de *S. quitoense* y de especie alguna de lulo analizada por MEFS-EC. Después de establecer las condiciones analíticas por CG/EM apropiadas al estudio de la fracción volátil de *S. quitoense* se determinó, por medio de las tendencias extrapoladas a partir del análisis descriptivo efectuado, que el proceso de extracción por MEFS-EC utilizando una temperatura de 60°C, promovía un número mayor de volátiles recuperados, de 29 a 20°C hasta 39 a 60°C, con parámetros cromatográficos que denotaron una eficiente separación de los compuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arizala, M., A. Monsalvo, C. Betancourth, C. Salazar y T. Lagos. 2011. Evaluación de solanáceas silvestres como patrones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y su reacción a *Fusarium* sp. Revista de ciencias agrícolas 28(1): 147-160.
- Caicedo, O. y B. Higuera. 2007. Inducción de polifenoloxidasas en frutos de lulo (*S. quitoense*) como respuesta a la infección con *Colletotrichum acutatum*. Acta biológica Colombiana 12(1): 41-54.
- Osorio, C., C. Duque, and F. Batista-Viera. 2003. Studies on aroma generation in lulo (*Solanum quitoense*): enzymatic hydrolysis of glycosides from leaves. Food Chemistry 81(3): 333 - 340.
- Pontes, M., J. Marques and J. Câmara. 2009. Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-quadrupole mass spectrometric methodology for the establishment of the volatile composition of *Passiflora* fruit species. Microchemical Journal 93(1): 1-11.
- Pulido, S., C. Bojacá, M. Salazar and B. Chaves. 2008. Node appearance model for Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) in the high altitude tropics. Biosystems Engineering 101(4): 383-387.
- Qin, G., S. Tao, Y. Cao, J. Wu, H. Zhang and W. Huang. 2012. Evaluation of the volatile profile of 33 *Pyrus ussuriensis* cultivars by HS-SPME with GC-MS. Food chemistry 134(4): 2367-2382.
- Santos, T. and P. Nogueira. 2006. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. Food chemistry 95(4): 606-610.
- Suárez, M. and C. Duque. 1991. Volatile constituents of lulo (*Solanum vestissimum* D) fruit. Journal of agricultural and food chemistry 39(1): 1498-1500.
- Vas, G. and K. Vékey. 2004. Solid-phase microextraction: a powerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis. Journal of mass spectrometry 39(3): 233-254.

Evaluación in vitro de la Actividad Antifúngica del Aceite Esencial de Limoncillo (*Cymbopogon citratus*) sobre *Colletotrichum gloeosporioides* Aislado de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendtn)

In vitro Evaluation of the Antifungal Activity of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Essential Oil on *Colletotrichum gloeosporioides* Isolated of Tree Tomato (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendtn)

Margareth Santander-Muñoz¹; Leidy Cerón Martínez²; Oswaldo Osorio Mora³

¹ Ingeniera Agroindustrial. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. Pasto, Colombia. <marguis_santander@hotmail.com>

² Ingeniera Agroindustrial. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. Pasto, Colombia. <leidy-c18@hotmail.com>

³ Profesor asociado. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Procesos Industriales. Pasto, Colombia. <osorio_oswaldo@hotmail.com>

Resumen. Se evaluó el efecto antifúngico del aceite esencial (AE) de limoncillo frente a *Colletotrichum gloeosporioides* bajo diferentes concentraciones. La máxima inhibición se obtuvo con el tratamiento enmendado a 300 µg.mL⁻¹. El análisis de cromatografía de gases identificó como componentes mayoritarios al citronelal y al geraniol, a los cuales se les atribuye las propiedades antifúngicas.

Palabras clave: Fruta, andina, fitopatología, fitopatógeno, antifúngico.

Abstract. The antifungal effect of lemongrass essential oil (EO) against *Colletotrichum gloeosporioides* was evaluated under different concentrations. Maximum inhibition was found with treatment amended at 300 µg.mL⁻¹. Gas chromatography analysis identified citronellal and geraniol as the major components, which are attributed the antifungal properties.

Key words: fruit, andean, phytopathology, phytopathogen, antifungal.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los cultivos frutícolas del departamento de Nariño, el tomate de árbol constituye una alternativa de gran importancia socioeconómica; no obstante, el fruto se ve afectado por la antracnosis, la cual es una enfermedad de trascendencia debido a su amplia distribución y la magnitud de pérdidas postcosecha que ocasiona (Saldarriaga *et al.*, 2008).

La antracnosis es una enfermedad causada por el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, y se manifiesta como manchas necróticas que afectan el valor comercial del fruto (Portela, 2001). El interés por el uso de los extractos vegetales para combatir enfermedades causadas por microorganismos se ha incrementado, obteniendo prometedores resultados *in vitro* (Staufer *et al.*, 2000) al evaluar la actividad de diversos aceites esenciales como limoncillo, palo rosa, canela, clavo de olor y orégano sobre diferentes especies microbianas (Osorio, 2006).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la acción biocida del aceite de limoncillo sobre el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, causante de la antracnosis en tomate de árbol.

MATERIALES Y METODOS

Extracción del aceite esencial de limoncillo. El limoncillo se adquirió en el municipio de Ricaurte, Nariño. El aceite se obtuvo a través de destilación por arrastre con vapor seco.

Aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides*. Se llevó a cabo el protocolo planteado por Agrios (2005). El patógeno se aisló de hojas infectadas de árbol de tomate, seleccionando cortes pequeños a partir del borde de la lesión contagiada, con el fin de obtener tejidos enfermos. Esos cortes se colocaron en solución de cloro al 10% y al cabo de 30 segundos se secaron asépticamente con trozos limpios de papel estéril. Finalmente fueron inoculados sobre medio nutritivo PDA acidificado con ácido sulfúrico. El patógeno se purificó por transferencia continua a nuevas cajas de Petri hasta obtener una colonia pura de *Colletotrichum gloeosporioides*.

Evaluación de la sensibilidad del patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*. El comportamiento *in vitro* del patógeno fue determinado a través del área de crecimiento. Para esto, discos de micelio de 0,5 cm² de área de *Colletotrichum gloeosporioides* obtenidos con sacabocado, fueron establecidos en cajas de Petri con medio PDA enmendado con los diferentes tratamientos. Se empleó un testigo absoluto sin enmendar y a cada unidad experimental después de un periodo de incubación de 15 días a temperatura promedio de 18°C, se le hizo captura de imagen y se midió el área de crecimiento con el software ImageJ. El área de crecimiento (AC) del fitopatógeno

se determinó mediante la ecuación 1: (1), donde, AMCT es el área media de la colonia creciendo en tratamiento y AS es el área del sacabocado (Álvarez, 2010).

Identificación y cuantificación de los componentes del aceite esencial de limoncillo.

Análisis cromatográfico. El aceite esencial de limoncillo se analizó en un cromatógrafo de gases con detector de ionización en llama FID SHIMADZU GC-17 A.V3, empleando una columna DBS 10 (30m x 0,25mm ID 0,25 μm). Los compuestos fueron identificados por comparación de los tiempos de retención de Kovats experimental y las cantidades relativas de los componentes individuales se determinaron mediante el área de los picos que fue cuantificada por integración electrónica.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar para analizar si las concentraciones de aceite esencial de limoncillo influyen sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides*. Se llevó a cabo un análisis de varianza empleando la prueba de rangos múltiples, LSD de Fisher al 95% de confiabilidad mediante el software Statgraphics Centurion©Plus versión XV.II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las concentraciones estudiadas de aceite esencial de limoncillo con respecto al área de crecimiento del fitopatógeno. La Figura 1 muestra que a mayores concentraciones de aceite esencial, el área de crecimiento del micelio del hongo es menor y al emplear 300 μg.mL⁻¹ el hongo fue totalmente inhibido.

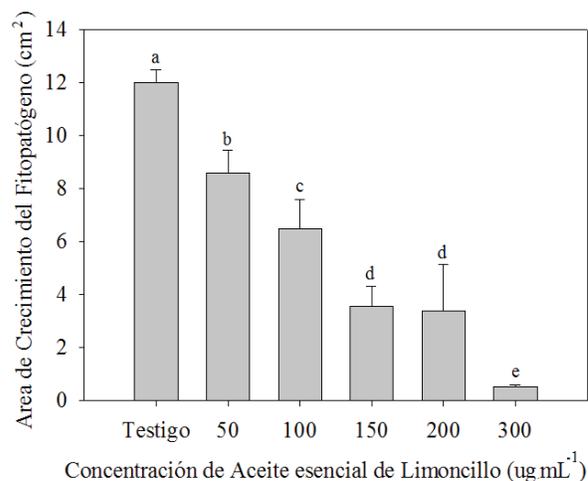


Figura 1. Crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* a diferentes concentraciones de aceite esencial de limoncillo.

Según el análisis cromatográfico, el citronelal y geraniol, con 27,70% y 17,18%, respectivamente, son los componentes que se encuentran en mayor proporción en el aceite de limoncillo, a los cuales se les atribuye la actividad antifúngica (Duke, 2011). Estos compuestos están involucrados en el rompimiento de la membrana celular de los fitopatógenos e interfieren en procesos vitales como la ósmosis, la síntesis de esteroides y fosfolípidos (Lucini *et al.*, 2006).

En bioensayos realizados *in vitro* en otras investigaciones, el aceite esencial de limoncillo, también presentó una efectiva actividad antibacteriana y antifúngica frente a un amplio espectro de microorganismos (Souza *et al.*, 2009; Osorio, 2006).

CONCLUSIÓN

Al incrementar la concentración de aceite de limoncillo se observó un mayor efecto fungistático sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, presentándose 100% de inhibición a 300 µg.mL⁻¹.

BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. 2005. Plant pathology. Fifth Edition. USA. 952 p.
- Álvarez, D., C. Salazar, A. Hurtado, D. Delgado and O. Arango. 2011. Sensibilidad *in vitro* de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary al extracto de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) y fungicidas sistémicos. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial 9 (2): 96-104.
- Duke, 2011. Phytochemical and Ethnobotanical Databases. En: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/chemical.pl?CITRONELLAL>. 1 p, consulta: enero 2012.
- Lucini, E., M. Zunino, M. López and A. Zygadlo. 2006. Effect of monoterpenes on lipid composition and sclerotial development of *Sclerotium cepivorum* Berk. Journal of Phytopathology 154(7-8): 441-446.
- Osorio, G. 2006. Evaluación de hongos endofíticos y extractos Botánicos para el control de la sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* morelet) en banano. Tesis de Maestría. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. 73 p.
- Portela, S. 2001. Postharvest physiology and handling of tamarillos (*Cyphomandra betacea*). Avances en Horticultura 4(1): 40-50.
- Saldarriaga, A., J. Zapata y I. Arango. 2008. Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 32(123): 145-156.
- Souza, I., N. Pereira y E. Martins. 2009. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. Biotemas 22 (3): 77-83.
- Staufer, A., A. Orrego y A. Aquino. 2000. Selección de extractos vegetales con efecto fungicida y/o bactericida. Revista de Ciencia y Tecnología 1 (2): 29-33.

Actividad Antimicrobiana de Miel de *Apis mellifera* de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Antimicrobial Activity of Honeys from *Apis mellifera* from Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Carolina Vega-Oliveros¹, Carolina Gutiérrez-Cortés², Consuelo Díaz-Moreno³

- 1 Autor de correspondencia. Microbióloga. Estudiante Maestría Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. cvegao@unal.edu.co
- 2 Microbióloga. Estudiante de Doctorado en Biotecnología, Facultad de Ciencias, Instituto de Biotecnología – IBUN, Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. cgutierrezco@unal.edu.co
- 3 Profesor Asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. amcdiazmo@unal.edu.co

Resumen. La miel presenta diferentes factores antimicrobianos como el peróxido de hidrógeno y compuestos fitoquímicos (fenoles, flavonoides y ácidos aromáticos). Este trabajo evaluó la actividad antimicrobiana de 33 muestras de miel de *Apis mellifera*, obtenidas en la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta, contra las bacterias *Escherichia coli*

y *Staphylococcus aureus*. Se evidenció actividad bactericida contra ambas cepas en el 64% de las muestras y se comprobó que esta propiedad se pierde durante el almacenamiento.

Palabras clave: Inhibición, bactericida, microbicida, peróxido de hidrógeno.

Abstract. Honey has different antimicrobial factors such as hydrogen peroxide and phytochemicals compounds (phenols, flavonoids and aromatic acids). This study evaluated antimicrobial activity of 33 honey samples of *A. mellifera* obtained in the coffee zone of the Sierra Nevada de Santa Marta against *E. coli* and *S. aureus*. Bactericidal activity was demonstrated against both strains in 64% of samples, this property is lost during storage

Key words: Inhibition, bactericide, microbicide, hydrogen peroxide.

INTRODUCCIÓN

La miel tiene propiedades antimicrobianas debido a su alta osmolaridad, acidez, presencia de sustancias no peróxidas (lisosimas, ácidos fenólicos y flavonoides) y peróxido de hidrógeno (Taormina *et al.*, 2001; Wahdan, 1998; Weston, 2000); este último, se produce de la hidrólisis de la glucosa por la acción de la enzima glucosa oxidasa, producida en las glándulas hipofaríngeas de las abejas. La actividad peróxido depende de los niveles de catalasa, enzima presente en el polen que llega a la miel por contacto durante el pecoreo y que disminuye la concentración del peróxido de hidrógeno (Gorjanović *et al.*, 2013; Taormina *et al.*, 2001; Weston, 2000). Las características de la miel varían según el origen botánico, geográfico y las múltiples condiciones biofísicas del lugar de origen. Conocer y caracterizar productos localmente, es una estrategia de valor agregado en importantes núcleos apícolas Colombianos, especialmente donde se puede disponer del recurso floral cafetero (*Coffea arabica*) (Nates-Parra *et al.*, 2013).

Este trabajo evalúa el efecto antimicrobiano contra *E. coli* y *S. aureus*, bacterias de importancia en la inocuidad alimentaria, de mieles de *A. mellifera* provenientes de la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) como parte del proceso de caracterización, verificando si se relaciona con la actividad peróxido o con sustancias tipo no peróxido. Se evaluó la concentración mínima inhibitoria (CIM) en las mieles que presentaron mayor efecto de inhibición contra los dos microorganismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron cepas de *S. aureus* ATCC 25923 y *E. coli* ATCC 25922 en agar TSA (35±2oC - 24 horas). Se preparó el inóculo en agua peptonada estéril (APE) 0.1% utilizando el patrón Mc Farland 0,5 (1,5 X 10⁸ UFC). Se diluyó hasta obtener una concentración de 10⁴ UFC. Se verificó el inóculo con siembra en fondo en agar SPC (Estrada *et al.*, 2005).

Se evaluó la actividad antimicrobiana en 33 muestras de miel. Cada una se diluyó al 80% (3,2 g miel) con 0,8 g de agua destilada estéril (ADE), o con solución catalasa de hígado de bovino liofilizada (2 mg/mL, Sigma-Aldrich) para la actividad no peróxido (Baltrušaitytė *et al.*, 2007). La CIM se evaluó en 4 muestras con 60 días de almacenamiento, tomando miel al 80, 60 (2,4 g), 40 (1,6) y 20% (0,8 g), completando 4 g con ADE. Las 4 muestras se seleccionaron con los diámetros de los halos en un ANOVA y prueba de Tukey, software Statgraphics Centurion 15.2.

Se sembraron masivamente los inóculos en superficie del agar Mueller-Hinton. Para la CIM solo se inoculó con *S. aureus*. Se perforaron pozos de 5 mm de diámetro en donde se colocaron 50 µl de muestra o control. Se utilizó como control positivo discos de Oxitetraciclina (Oxoid, 30 µg), el negativo agua destilada estéril y solución de catalasa. Se incubó a 37°C por 48 horas. Las pruebas se realizaron por duplicado y se midió el diámetro del halo de inhibición en milímetros (mm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 33 muestras analizadas, el 64% inhibieron las dos cepas. Hubo acción parcial de una muestra que actuó contra *E. coli* únicamente, y seis contra *S. aureus*. En cinco muestras no se presentó inhibición. Resultados variables fueron reportados en mieles de Lituania (Baltrušaitytė *et al.*, 2007). En Costa Rica se observó efectividad del 92% de las muestras evaluadas frente a *E. coli* y *S. aureus* (Estrada *et al.*, 2005). En el presente estudio se observó mayor actividad contra *S. aureus* dando un diámetro promedio de halos de 13,83 ± 3,27 mm. De las 27 mieles positivas para *S. aureus*, 78% mostraron diámetros entre 10-16 mm, lo cual concuerda con lo reportado en otros estudios sobre la susceptibilidad de *S. aureus* (Taormina *et al.*, 2001). Para *E. coli*, el 91% de las mieles presentaron actividad con un promedio de 8,63 ± 3,27 mm; solo dos muestras formaron halos mayores a 10 mm. El control positivo alcanzó 29 ± 1,4 mm con *E. coli* y 35 mm frente a *S. aureus*. Los controles negativos no presentaron actividad antimicrobiana. La catalasa no formó halos, por lo que se entiende que la inhibición es debida al peróxido de hidrógeno para estas mieles, fenómeno reportado en mieles de diferentes apiarios en Lituania y Lancaster -USA (Baltrušaitytė *et al.*, 2007; Taormina *et al.*, 2001). La diferencia en el efecto de inhibición por causa del peróxido de hidrógeno puede deberse a las características de la pared celular de las bacterias Gram negativas, la cual presenta la capa externa de lipopolisacárido que les confiere un nivel de resistencia, contrario a las Gram positivas cuya pared está totalmente expuesta (Tafur *et al.*, 2008; Zubko and

Zubko, 2013); además, las primeras poseen enzimas tipo catalasa y peroxidasa, que aumentan su tolerancia al peróxido de hidrógeno (McDonnell y Russell, 1999).

Tabla 1: Actividad Antimicrobiana y CMI (%) contra *S. aureus* para cuatro muestras de miel (promedio y desviación estándar)

Muestra	Halo de inhibición inicial (mm)	CMI (con 60 días de almacenamiento, mm)				
		80%	80%	60%	40%	20%
1	16,6 ± 0,21	16,08 ± 2,72	12,9 ± 1,56	10,15 ± 0,14	0	
2	17,55 ± 0,85	10,98 ± 0,32	9,63 ± 0,32	10,325 ± 1,1	0	
3	19,15 ± 0,67	9,25 ± 1,06	8,35	0	0	
4	16,06 ± 0,49	0	0	0	0	

Se evaluó el efecto del tiempo en la actividad antimicrobiana aplicando el protocolo de CMI a cuatro muestras, Tabla 1. Se observó que tres de ellas perdieron parte de su capacidad inhibitoria, reduciéndose el tamaño de los halos obtenidos en el segundo ensayo (misma dilución), debido probablemente a la degradación del peróxido por la catalasa en el tiempo transcurrido. Esto concuerda con los resultados obtenidos de mieles comerciales con largos tiempos de almacenaje que pierden el efecto inhibitor sobre *S. aureus* y *S. epidermidis* (Baltrušaitytė *et al.*, 2007). Las muestras 1 y 2 mostraron actividad hasta la dilución del 40% y se considera como la CMI, menor a la CMI de 50% de mieles con actividad peróxido reportado por (Baltrušaitytė *et al.*, 2007), pero mayor a la CMI de 25% de mieles que contienen factores antioxidantes y presentan inhibición después del tratamiento con catalasa (Taormina *et al.*, 2001).

CONCLUSIÓN

Se evidenció actividad antimicrobiana en mieles de *A. mellifera* enfrentadas con las dos bacterias utilizadas. La capacidad de inhibición fue mayor contra *S. aureus*. Se determinó que el factor de inhibición de estas mieles es el peróxido de hidrógeno y que esta propiedad se pierde en el tiempo, también se observó que la CMI de las mieles analizadas fue del 40% con un almacenaje de 60 días.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto "Identificación de marcadores para miel de abejas originaria de cultivos de café orgánico en la sierra

nevada de Santa Marta" financiado por COLCIENCIAS y a las organizaciones APISIERRA y ECOLSIERRA, coparticipes del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Baltrušaitytė, V., PR. Venskutonis and V. Čeksterylė. 2007. Antibacterial Activity of Honey and Beebread of Different Origin Against *S. aureus* and *S. epidermidis*. Food Technology & Biotechnology, 45(2): 201-208.
- Estrada, H., M.D. Gamboa, C. Chaves and M.L. Arias. 2005. Evaluación de la actividad antimicrobiana de la miel de abeja contra *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* y *Aspergillus niger*. Evaluación de su carga microbiológica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 55: 167-171.
- Gorjanović, S.Ž., J.M. Álvarez-Suarez, M.M. Novacosik, F.T. Pastor, L. Pezo, M. Battino and D.Z. Sužnjevića. 2013. Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed polarographic and various spectrophotometric assays. Journal of Food Composition and Analysis, 30(1): 13-18.
- McDonnell, G. and A.D. Russell. 1999. Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. Clinical Microbiology Reviews, 12(1): 147-179.
- Nates-Parra, G., P.M. Montoya, F. J. Chamorro, N. Ramírez, C. Giraldo and D. Obregón. 2013. Geographical and botanical origin of Apis mellifera (APIDAE) honey in four Colombian departments. Origen geográfico y botánico de mieles de Apis mellifera (APIDAE) en cuatro departamentos de Colombia, 18(3): 427-438.
- Tafur, J.D., J.A. Torres and M.V. Villegas. 2008. Mecanismos de resistencia a los antibióticos en bacterias Gram negativas. Infectio, 12: 227-232.
- Taormina, P.J., B.A. Niemira and L.R. Beuchat. 2001. Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. International Journal of Food Microbiology, 69(3): 217-225.
- Wahdan, H.A.L., 1998. Causes of the antimicrobial activity of honey. Infection, 26(1): 26-31.
- Weston, R.J., 2000. The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey: A review. Food Chemistry, 71(2): 235-239.
- Zubko, E.I. and M.K. Zubko. 2013. Co-operative inhibitory effects of hydrogen peroxide and iodine against bacterial and yeast species. BMC Research Notes, 6(1).

Evaluación de la Efectividad de dos Desinfectantes en el Proceso de Elaboración de Ensaladas

Evaluation of the Effectiveness of Two Disinfectant In Process of Salads

Lida Yaneth Maldonado M¹; Yohanna Maldonado O; Carlos Alberto Jiménez S

¹ Profesor Titular, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Departamento de Alimentos, Grupo de investigación Recursos Naturales, Universidad de Pamplona, Sede Pamplona, Norte de Santander. lymaldonadom@gmail.com

Resumen. En esta investigación, se evaluó el efecto antimicrobiano de dos desinfectantes comerciales en el proceso de elaboración de ensaladas en una planta de alimentos de una Compañía de Comercio en Colombia. Para lo anterior se determinaron los focos de contaminación microbiológica en el proceso productivo de las ensaladas y se aplicaron dos desinfectantes orgánicos como agentes reductores de carga microbiana en 4 tipos de ensaladas ensambladas (repollo piña, verduras, papa y rusa). Los muestreos microbiológicos de coliformes totales dieron como resultado que los manipuladores, equipos y utensilios (cutter, canastillas, ayudante de cocina) fueron los factores que afectaban directamente la calidad microbiológica de estos productos. Se identificó como principal bacteria contaminante la *E. coli*. Se concluyó que los desinfectantes evaluados CITROSAN y CITROGEN M poseen capacidad antimicrobiana evidenciándose que este último, es la mejor alternativa para garantizar la calidad de los productos sin afectar los tiempos de producción y las características sensoriales.

Palabras claves: Alimentos preparados, contaminación, desinfección, limpieza, microorganismos.

Abstract. In this research the antimicrobial effect of two commercial disinfectants in the preparation of salads in a Colombian food plant trade Company was evaluated. For that reason, the microbiological contamination focus in the salad productive process were determined, and two organic disinfectant were applied as reductors agents of bioburden in 4 types of assembled salad (cabbage-pineapple salad, vegetables salad, potato salad, and Russian salad). Microbiological sampling for total coliforms gave as result that the handlers, equipment and utensils (cutter, baskets, and kitchen) were the factors that affected directly the microbiological quality of these products. *E. Coli* was identified as the main contaminant bacteria. It was concluded that CITROSAN and CITROGEN M tested disinfectants have an antimicrobial capacity demonstrating that the last one is the best alternative to guarantee the quality of products without affecting production times and sensory characteristics.

Key words: Prepared foods, pollution, cleaning, disinfection, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

La demanda actual de productos frescos y fáciles de preparar, en especial frutas y verduras, ha traído consigo un aumento en el mercado de productos mínimamente procesados. Esta tendencia responde a la idea generalizada de que los vegetales son alimentos saludables, y a que cuanto más fresco, es mejores condiciones de calidad y seguridad pueden encontrarse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se trata de alimentos crudos, lo que obliga a extremar las buenas condiciones de manipulación y de aplicar otras técnicas que permitan cierta inactivación microbiana, como el uso de agua tratada o la aplicación de productos químicos esterilizantes compatibles con el producto y con la salud (Allende, 2006). La Compañía en estudio, es una de las empresas número uno en el país en ventas al por menor, la cual cuenta con una planta de procesamiento de alimentos listos para el consumo, entre los que se destacan las ensaladas, que debido a sus características de proceso representan un posible riesgo a la salud de los consumidores si no se tienen los cuidados pertinentes en su elaboración. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad antimicrobiana de dos desinfectantes comerciales en el proceso productivo de elaboración de 4 tipos de ensaladas en la Planta de procesamiento de alimentos de la Compañía objeto de estudio, con el propósito de plantear acciones de mejora que garanticen la calidad e inocuidad de los productos elaborados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de las no conformidades encontradas en la planta de alimentos para determinar el tipo de ensaladas con mayor recurrencia en resultados de contaminación microbiana con coliformes totales. Se determinó *E. coli* en las manos de los manipuladores; aerobios mesófilos, mohos y levaduras en las superficies en contacto con los alimentos (maquinarias e instrumentos) según lo establecido en la NTC 4458 de 2005 y al ambiente (aerobios mesófilos, mohos y levaduras según la GTC 125 de 2007). De acuerdo a los resultados obtenidos se establecieron las áreas de mayor contaminación, se

realizaron análisis microbiológicos antes y después del uso de los desinfectantes, los cuales se aplicaron por aspersión en porcentajes de 0,3% y 0,02% p/v con respecto a la masa de materia prima y al producto terminado en los diferentes tipos de ensalada objeto de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 4 tipos de ensaladas (repollo piña, verduras, papa y rusa) que presentaron contaminación con coliformes totales, identificándose la presencia de *E. coli* y ausencia de mohos y levaduras, según los resultados de los análisis microbiológicos. Se encontró presencia de *E. coli* en las manos de los manipuladores del área de ensamble y cocina caliente, a excepción del operario del área del vegetalero, debido, presuntamente, a malas prácticas higiénicas en el momento de lavarse las manos y a la falta de control en el proceso productivo de las ensaladas; ya que este grupo de microorganismos son indicadores de malas prácticas de manufactura (Pierson, 2001). El seguimiento realizado mediante análisis microbiológicos de las superficies que entran en contacto directo con los alimentos y luego del proceso de limpieza y desinfección evidenció que el diseño sanitario de los equipos del área de vegetalero (cutter, ayudante de cocina y canastillas) y las deficientes prácticas higiénicas eran los dos factores principales que afectaban la calidad microbiológica del producto final. Los resultados obtenidos en el ambiente del área de vegetalero se encontraron dentro de lo estipulado por la norma (NTC 4458), lo cual indicó que el proceso de desinfección por aspersión del ambiente se realizaba de forma eficiente. En la Figura 1 se observa que todas las ensaladas superan el máximo de contaminación microbiológica permitida por la empresa de acuerdo a lo establecido por el INVIMA, representada por la línea roja en términos de reducción en unidades logarítmicas. Después de la aplicación de los desinfectantes CITROGEN M y CITROSAN se observa (Figura 2) una disminución en la carga microbiana de coliformes totales presente en las ensaladas, obteniéndose que el CITROGEN M presenta resultados más favorables, con una reducción en promedio de 0,32536602 unidades logarítmicas de coliformes totales en relación con el desinfectante CITROSAN. Los resultados sensoriales mostraron que el pimentón procesado de la ensalada de verduras, presentaba un sabor residual amargo con el uso del desinfectante CITROSAN y con el CITROGEN M fueron aceptables todos los atributos evaluados.

Aunque se logró que la carga microbiana de coliformes totales bajara a niveles aceptables; siguen persistiendo problemas de contaminación que no se han podido controlar, se hace necesario que el personal encargado de la planta sea constante en las prácticas higiénicas para la elaboración de las ensaladas.

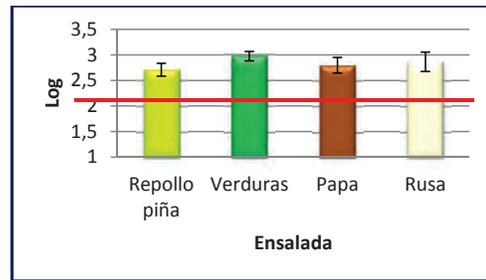


Figura 1. Resultados microbiológicos de los tipos de ensaladas

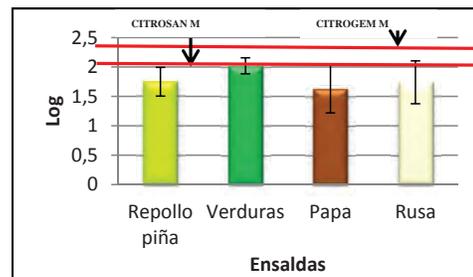


Figura 2. Resultados microbiológicos de los tipos de ensaladas después de la aplicación de los desinfectantes.

CONCLUSIÓN

Se identificó como principal bacteria contaminante la *E. coli*, lo cual es indicador de falencias en buenas prácticas higiénicas de los operarios, de acuerdo a los reportes microbiológicos encontrados en las manos de los manipuladores. Se evaluaron los desinfectantes CITROSAN y CITROGEN M y se evidenció que este último es la mejor alternativa para garantizar la calidad microbiológica y sensorial de las ensaladas sin afectar los tiempos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende, A., F. Tomás-Barberán and M. I. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci. Technol.* 17: 513-519.
- Icotec. 2005. Guía de Referencias de Métodos Horizontales de Análisis Microbiológicos para Bebidas, Alimentos y Alimentos para Animales.
- Icotec. 2007. Norma Técnica Colombiana 4458. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o *Escherichia coli* o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos.
- Pierson, M. and L. Smoot. 2001. Indicator Microorganisms and Microbiological Criteria. In: *Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers*. 2nd ed. Doyle M. Beuchat L. & Montville T. (Eds) ASM Press. USA. 71-7.

Evaluación In Vitro de la Actividad Antibacteriana de Extractos Etanólicos de Propóleo Provenientes de Confines – Santander

In Vitro Evaluation of Antibacterial Activity of Ethanol Propolis Extracts From Confines – Santander

Carolina Castillo F¹., Héctor Suarez M²., Viviana Sánchez A³.

¹ Microbióloga industrial. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA. < iccastillof@unal.edu.co >

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA. < hsuarezm@unal.edu.co >

³ Bacterióloga. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Facultad de Ciencias de la Salud. < vivicata14@hotmail.com >

Resumen. Los propóleos contienen compuestos bioactivos que presentan propiedades que podrían ser utilizadas como conservantes de alimentos al controlar microorganismos sin aplicación de aditivos químicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana de extractos etanólicos de propóleo (EEP) en concentraciones 1:2, 1:3 y 1:4, provenientes del departamento de Santander. Fueron evaluados los microorganismos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* y *Listeria monocytogenes* utilizando sensidiscos estériles con 10µL de las soluciones de EEP. Los resultados evidenciaron que existe actividad antimicrobiana significativa ($p < 0,05$) contra *S. aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*, y una actividad antimicrobiana no significativa ($p > 0,05$) de *E. coli*, *Salmonella enteritidis* y *Clostridium perfringens*.

Palabras claves: Bioconservación, Vida útil, Actividad Antimicrobiana, Bacterias.

Abstract. Propolis contains bioactive compounds that have properties which could be used as food preservatives to control microorganisms without any chemical additives. The aim of this study was to evaluate the antibacterial activity of ethanol extracts of propolis (EEP) in concentrations 1:2, 1:3 and 1:4, from the colombian department Santander. The microorganisms evaluated were *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* and *Listeria monocytogenes* using sterile sensidiscs with 10µL of EEP solutions. The results showed that there is significant antimicrobial activity ($p < 0,05$) against *S. aureus*, *Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes*, and no significant antimicrobial activity ($p > 0,05$) of *E. coli*, *Salmonella enteritidis* and *Clostridium perfringens*.

Key words: Bioconservation, lifespan, Antimicrobial Activity, Bacterium.

INTRODUCCIÓN

Propóleos es una mezcla de resinas, ceras, aceites esenciales, polen y microelementos, elaborado por las abejas (*Apis mellifera*), que es utilizado para sellar, cubrir y proteger el interior de la colmena contra posibles depredadores (Del Rio, 2006). Actualmente ha surgido un crecimiento e interés en aplicar estos materiales en el sector de los alimentos como conservante natural (Alexander, 2007; Lima *et al.*, 1998; Nedret Koc *et al.*, 2007; Tosi *et al.*, 2007; Tripathi y Dubey, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los propóleos fueron obtenidos de apiarios localizados en el departamento de Santander, municipio Confines, vereda Morario a 1200msnm en el mes de marzo del 2013. Los principios activos de las muestras fueron obtenidos por solubilización del propóleo en proporción 1:2 (26,73%), 1:3 (15,82) y 1:4 (12,36%) peso/volumen, con alcohol etílico del 96% durante 16 días (Asis, 1979). Fueron utilizados los siguientes microorganismos Gram positivos: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (ATCC 11778), *Clostridium perfringens* (ATCC 13124) y *Listeria monocytogenes* (ATCC 35152) y Gram negativos: *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076); obtenidos del cepario del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

La actividad antibacteriana se evaluó en agar Mueller-Hinton (MH) inoculando por superficie con la cepa indicadora correspondiente. En la superficie del agar se depositó discos de papel filtro impregnados con 10 µL de la solución etanólica de propóleos, se dejan secar durante 20 minutos; el control fue alcohol etanólico al 96%, con el que se realizó la extracción. Las cajas se incubaron a 37°C/18-24h, en aerobiosis o anaerobiosis según los requerimientos del microorganismo a evaluar. Luego se realizó la lectura de los halos de inhibición (mm) medida mediante una regla Vernier. Todos los ensayos de actividad antimicrobiana se realizaron tres (3) veces.

Fue realizado un análisis de varianza multifactorial, para evaluar

el efecto antimicrobiano del propóleo obtenido de Confines – Santander. Los datos fueron procesados y analizados mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS centurión XVI.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 son presentados los resultados de inhibición por parte de extractos etanólicos de propóleos frente a bacterias patógenas de interés sanitario.

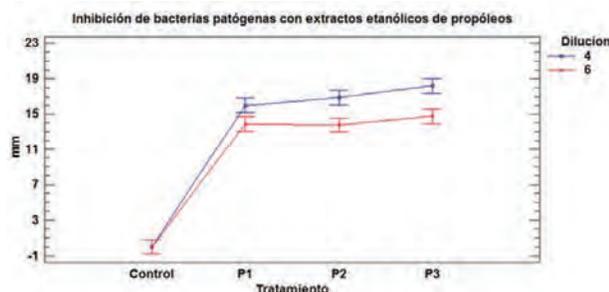


Figura 1. Halo de inhibición para microorganismos utilizando extractos etanólicos de propóleos.

Tratamiento: Control (alcohol 96%), P1 (1:2), P2 (1:3), P3 (1:4).

Microorganismo: 1 (*S. aureus*), 2 (*Bacillus cereus*), 3 (*Listeria monocytogenes*).

Fue evidenciado efecto antimicrobiano de los extractos etanólicos de propóleo en las concentraciones utilizadas sobre los microorganismos *S. aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*, con halos de inhibición de 12,94 mm y 16,50 mm respectivamente. El extracto etanólico de propóleo en concentración 1:4, presentó la mayor actividad contra *Listeria monocytogenes* en una concentración de 10^4 UFC/mL con halos de inhibición superiores a 12mm.

El análisis muestra que los factores estudiados resultaron significativos con un nivel de confianza del 95,0%, lo que implica que tanto, la concentración del extracto utilizado, así como la especie y la concentración de microorganismo y la interacción entre el tratamiento y la concentración del microorganismo evaluados determina la efectividad antimicrobiana del propóleo.

Las interacciones entre tratamientos: concentración del extracto etanólico de propóleo (P1, P2 y P3) y especie de microorganismos (*S. aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*), así como la concentración de microorganismos (10^6 y 10^4 UFC/mL) y la especie de microorganismos (*S. aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*); no mostraron efecto significativo ($P > 0,05$) en la evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de propóleo.

Hubo un evidente efecto contra los tres microorganismos evaluados frente a los tratamientos (P1 concentración 1:2, P2 concentración 1:3 y P3 concentración 1:4), el único tratamiento que difiere de los otros es el control (alcohol

96%). También se puede inferir que la P2 concentración 1:3 del extracto etanólico de propóleo tiene un comportamiento igual en los tres microorganismos evaluados y no muestra evidencias significativas entre tratamientos. Fue encontrada efecto significativo de la especie microbiana con los halos de inhibición ($P < 0,05$) mostrados en este estudio.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el propóleo obtenido de la zona de Confines – Santander posee actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*.

Hubo influencia de las diferentes concentraciones del extracto etanólico en la actividad antimicrobiana del propóleo evaluado, mostrando un mayor halo de inhibición en los extractos etanólicos de propóleo en concentración 1:4 (12,36%) y concentración microbiana de 10^4 UFC/ml. Los extractos etanólicos de propóleos estudiados pueden ser usados como agentes antimicrobianos contra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes*.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación “Uso de biomoléculas en películas comestibles y desarrollo de nuevos productos para la generación de valor y competitividad para la cadena acuícola” de la Universidad Nacional de Colombia financiado por COLCIENCIAS.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, C. 2007. Propolis: Creating a buzz as a natural preservative. *Food Engineering and Ingredients*, 32:9-1.
- Asis, M. 1979. El propóleo: Un valioso producto apícola, Editado por el Centro de Información y Documentación Agropecuario, La Habana, Cuba, 123.
- Del Río, Pl. 2006. Actividad biocida de un propolis chileno frente a *Porphyromonas gingivalis*: estudio *in vitro*. Tesis Médico Odontólogo, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Lima, G., F. Curtis, R. Castoria, S. Pacifica and V. Cicco. 1998. Additives and natural products against post harvest pathogen compatibility with antagonistic yeasts. In: *Plant Pathology and Sustainable Agriculture. Proceeding of the Sixth SpaV Annual Meeting*. Campobasso, 17-18.
- Nedret Koc, A., S. Silici, F. Mutlu-Sariguzel and O. Sagdic. 2007. Antifungal Activity of Propolis in Four Different Fruit Juices. *Food Technology and Biotechnology*, 45:57-61.
- Tosi, E.A., E. Ré, M.E. Ortega and A.F. Cazzoli. 2007. Food preservative based on propolis: Bacteriostatic activity of propolis polyphenols and flavonoids upon *Escherichia coli*. *Food Chemistry*, 104:1025-1029.
- Tripathi, P. and N.K. Dubey. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 32:235-245

Optimización de la relación carbono/nitrogeno para la acumulación de pha a partir de almidón hidrolizado

Optimization of the Carbon/Nitrogen Ratio for Accumulation of PHA from Hydrolyzate Starch

José Luis Hoyos C.¹, Elizabeth Rojas F.², Katherin Ruiz M.³, Rocío Elejalde U.⁴, Héctor Samuel Villada C.⁵

1. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustria, Popayán Colombia, jlhoyos@unicauca.edu.co

2. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán Colombia. elirojas@unicauca.edu.co

3. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán Colombia. lkruiz@unicauca.edu.co

4. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán Colombia.

rochielejalde@hotmail.com

5. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustria, Popayán Colombia, villada@unicauca.edu.co

Resumen. En la presente investigación se estudió la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) mediante fermentación bacteriana de glucosa obtenida de un medio convencional empleando *Ralstonia eutropha*, la cual se activó y conservó en medio *Trypticase* soya (TSB). La fermentación se realizó empleando cinco relaciones carbono/nitrógeno diferentes (12, 16, 20, 24, 28) y arrojó como resultado que con la relación carbono/nitrógeno 20 se alcanza una producción de 0,69 g/L de PHA, por lo tanto esta relación es la que más favorece a la acumulación intracelular de biopolímero.

Palabras clave: Fermentación, glucosa

Abstract. In this research polyhydroalkanoate (PHA) production was studied by bacterial fermentation of glucose obtained from a conventional medium using *Ralstonia eutropha*, which was activated and kept in trypticase soy medium (TSB). The fermentation was carried out using five different carbon / nitrogen (12, 16, 20, 24, and 28) ratios and the results showed that using the carbon / nitrogen ratio 20 achieved a production of 0.69 g/L of PHA, so this ratio is the most conducive to the intracellular accumulation of biopolymer.

Key words: Fermentation, glucose

INTRODUCCIÓN

Entre los plásticos biodegradables más estudiados actualmente, se encuentran los polihidroxialcanoatos (PHAs), dentro de los cuales el más común es el polihidroxibutirato PHB (Naranjo, 2010), los cuales fueron descubiertos y detectados en el *Bacillus megaterium* por primera vez en 1925, en el instituto Pasteur por el microbiólogo. La *Ralstonia eutropha* es una de las bacterias más utilizadas en la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) debido a que es capaz de almacenar hasta un 96% de este material en peso seco, usando fuentes renovables de las que puede obtener carbono o energía, entre ellas la fructosa y la glucosa provenientes de diferentes productos agroindustriales (Betancur, 2011).

Alrededor del mundo muchos investigadores se han dado a la tarea de indagar sobre nuevas formas de producir plásticos biodegradables y uno de los mayores retos es la búsqueda de sustratos accesibles y asequibles que puedan ser aprovechados por el microorganismo (Malincolico, 2013). Por lo tanto en este trabajo se evaluaron cinco relaciones carbono/nitrógeno (12, 16, 20, 24 y 28) para la acumulación de PHA empleando almidón hidrolizado como fuente de carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Activación de la bacteria. Para la activación del microorganismo se empleó el medio de cultivo *Trypticase* soya, basándose en la metodología descrita por Betancur, 2011. Primero en medio líquido y después en medio sólido en periodos de incubación de 48 h a 32 °C.

Fermentación. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, donde el factor a evaluar fue las relaciones 12, 16, 20, 24 y 28 Carbono/Nitrógeno. Se realizó una fermentación en batch con un volumen de 400 mL por cada relación, utilizando un shaker Thermo SCIENTIFIC MAXQ 4450, que permitió mantener el control sobre la temperatura y la agitación. El medio mineral mínimo de sales (MSM) estandarizado para el microorganismo está compuesto por: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Citrato de Hierro y Amonio, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y 1 mL de elementos traza (H_3BO_3 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (Betancur, 2011), y una variación en la relación carbono/nitrógeno.

Este proceso se llevó a cabo utilizando jarabe de glucosa obtenido del proceso de hidrólisis del almidón de yuca variedad Cumbre 3, como fuente de carbono para el microorganismo

Durante las 36 horas de fermentación se llevó a cabo la toma de muestras para determinar consumo de sustrato mediante la técnica del Ácido Dinitrosalicílico (DNS) y microscopía óptica de

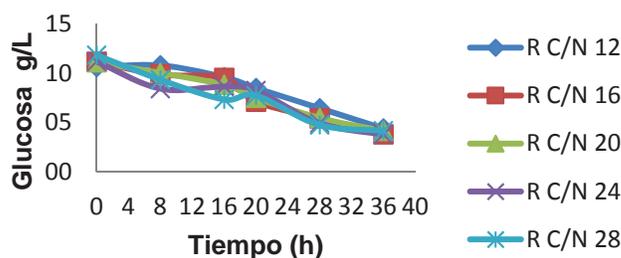


Figura 1. Consumo de sustrato y formación intracelular del biopolímero en medio MSM con diferentes relaciones Carbono/Nitrógeno

alta resolución (MOAR), para determinar la formación intracelular del biopolímero.

Para el consumo de sustrato mediante DNS se aplicó el protocolo de determinación de azúcares reductores mediante DNS las cuales fueron leídas en un espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800. La prueba de microscopia óptica de alta resolución se realizó en un microscopio NIKON MICROPHOT, Japón, adaptado al software Image Pro Analyzer®, con una resolución máxima de 100X para observar la acumulación del biopolímero, se tomó una pequeña muestra del medio MSM obtenido al final del proceso de fermentación y se realizó una tinción Negro sudan (Zazali y Irene, 2004).

Extracción del polihidroxialcanoato. Una vez terminada la fase de fermentación, las bacterias fueron inactivadas y se realizó una extracción del polímero acumulado con ácido sulfúrico 0.1 M y se neutralizó con NaOH 5N. El biopolímero obtenido fue decolorado con hipoclorito al 3% por 3 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Activación de la bacteria. Transcurrido el tiempo de incubación, se evidenció que el mayor desarrollo de la bacteria se manifestaba en el medio TSB a partir del cual se generó el banco de trabajo.

Fermentación bacteriana utilizando *Ralstonia eutropha*.

Para la formación intracelular del biopolímero en la bacteria se estableció una limitación nutricional. Luego de 20 h de fermentación, la bacteria inicia la fase estacionaria donde empieza a consumir la fuente de carbono con el fin de sobrevivir y generar reservas en su organismo (PHA). La prueba de microscopia óptica de alta resolución muestra la formación intracelular de PHA a partir de las 18 h en las bacterias mediante tinción con negro sudan (Figura 1).

Extracción del polihidroxialcanoato. Arrojó como resultado que la mejor relación carbono/nitrógeno fue de 20 al alcanzar una producción de 0,69 g/L, por lo tanto para la producción de PHA, se

empleó la relación carbono/nitrógeno de 20 con un 1% de glucosa. En el momento de decolorar el polihidroxialcanoato, se observó una disminución en el porcentaje de rendimiento, posiblemente por efectos de solubilidad que puede generar el hipoclorito (Zhenggui, 2011). Finalmente se obtuvieron láminas semitransparentes.

CONCLUSIÓN

La producción de PHA utilizando jarabe glucosado de almidón de yuca variedad CUMBRE 3 como fuente de carbono y las condiciones de proceso descritas, se dió en mayor proporción al emplear una relación carbono/nitrógeno de 20, con la cual se obtuvieron 0,69 g/L del biopolímero, una cantidad considerable ya que en otras investigaciones se reportan valores de hasta 0,19 g/L.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca, Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural de Colombia y Corporación Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario-CENIREC por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Betancur Cardona, M. 2011. Producción de biopolímeros (polihidroxialcanoatos - phas) a partir de una cepa comercial empleando sustratos no convencionales. Tesis de magister en Ingeniería. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de ingeniería. 103p.
- Malincolico, M. 2013. Biodegradable polymers and additives in commodity and speciality applications, Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, vol. 10, N° 1, p. 3-5.
- Naranjo, J. 2010. Producción de polihidroxibutirato a partir de residuos agroindustriales. Tesis de Magister en Ingeniería. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. 56p.
- Zazali, A.; Irene, K. Isolation of palm oil-utilising, polyhydroxyalkanoate (PHA)-producing bacteria by an enrichment technique. Bioresource Technology. Vol. 96 (2005): 1229 – 1234.

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de Extractos Etanólicos de Propóleo en Bacterias Patógenas

Determination of Minimum Inhibitory Concentration of Ethanolic Propolis Extracts in Pathogenic Bacteria.

Héctor Suarez Mahecha¹, Carolina Castillo Figueroa², Viviana Sánchez Arévalo³

1 Profesor asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos (ICTA)
Universidad Nacional de Colombia. hsuarezm@unal.edu.co

2 Microbióloga industrial. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos (ICTA)
Universidad Nacional de Colombia. iccastillof@unal.edu.co

3 Bacterióloga. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, vvcsancheza@hotmail.com

Resumen. Con el fin de observar y evaluar la sensibilidad *in vitro* de los extractos etanólicos (EEP) frente a microorganismos patógenos como: *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, y *Bacillus cereus*, fue determinada la concentración mínima inhibitoria (MIC) de extractos etanólicos de propóleos, por el método de difusión en agar, en concentraciones del 100%, 80%, 60% 40% y 20% P/V. Los resultados muestran que para los microorganismos *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* no fue encontrada una concentración mínima inhibitoria (MIC) de los extractos etanólicos de propóleos, mientras que para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, se describió una concentración mínima inhibitoria de 2 a 4 µg/mL del extracto etanólico de propóleos.

Palabras clave: susceptibilidad bacteriana, antimicrobianos, patogenicidad.

Abstract. The purpose of this study was to observe and evaluate the *in vitro* sensibility of the ethanolic extracts (PEE) on the following pathogens microorganisms: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, and *Bacillus cereus*. In order to this, it was necessary to determinate the minimum inhibitory concentration (MIC) using the Agar diffusion method. The testing was done in concentrations of 100%, 80%, 60%, 40% and 20%. The results showed that for *Escherichia Coli* and *Salmonella Enteritidis* microorganisms doesn't exist a minimum inhibitory concentration of ethanolic extracts of propolis. Whereas in the *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, was found a minimum inhibitory concentration of 2 a 4 µg/mL of ethanolic extracts of propolis.

Key words: bacterial susceptibility, antimicrobial, pathogenicity.

INTRODUCCION:

Propóleo es un producto resinoso sintetizado por las abejas *Apis mellifera*, con la intención de proporcionar mayor

resistencia a sus colmenas, eliminar corrientes de aire, contra contaminantes externos y como sistema de barrera antimicrobiana. (Probst, *et al.*, 2011). El efecto antimicrobiano de los propóleos, es atribuido en algunos casos a la flavonoides como galangina y pinocembrina; en extractos etanólicos de propóleos son significativamente más activos frente a bacterias que otros componentes con actividad antimicrobiana (Martínez, *et al.*, 2003). Sin embargo los propóleos utilizados en este trabajo presentan como flavonoide la quercetina. En el presente artículo se propone un análisis preliminar de la concentración mínima inhibitoria de extractos etanólicos de propóleos por el método de difusión en placa. La concentración mínima inhibitoria (MIC) se conoce, como la menor concentración de una sustancia necesaria para impedir el crecimiento de un agente bacteriano (CLSI).

MATERIALES Y METODOS:

Se realizó una determinación preliminar de la concentración mínima inhibitoria (CMI) de extractos etanólicos de propóleos a cepas bacterias patógenas, en el laboratorio de biotecnología y análisis microbiológico del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Extractos etanólicos de propóleos (EPP): Los ensayos microbiológicos fueron realizados con extractos etanólicos de propóleos, usando la extracción EPP (1:4 1 gr. De propóleos/ 4 gr. De alcohol) a diferentes concentraciones, mencionadas en la determinación de la concentración mínima inhibitoria.

Microorganismos: La concentración mínima inhibitoria de las muestras de propóleos fue evaluada frente a los microorganismos *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Bacillus cereus* ATCC 11778, provenientes del cepario de microorganismos del laboratorio de análisis microbiológico

del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) Universidad Nacional Sede Bogotá.

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (MIC): Según la técnica de KIRBY – BAURER; Se llevó a cabo a partir de suspensiones de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, en tubos de agua peptonada, ajustados al patrón 0,5 de la escala Mc Farland, mediante comparación visual. A una concentración de 1×10^2 y 1×10^4 , para cada microorganismo. Estas diluciones fueron sembradas en agar Mueller Hilton, por triplicado, y posteriormente se colocaron los discos de filtro inoculados con concentraciones del extracto etanólico de propóleos (EPP) de 100%, 80%, 60%, 40% y 20%, al igual que un control negativo de etanol al 95%. Luego fueron incubadas a 37°C durante 24 horas.

Análisis de datos: Debido a que la técnica de referencia para la determinación de la MIC, se realiza por otros métodos; con este estudio se determinó la CMI preliminarmente y cualitativamente como el rango de menor inhibición en mm, hasta el rango de mayor inhibición comparado con valores de referencias de los estándares de sensibilidad de la NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards) a antibióticos, para cada Microorganismo, determinando así los datos obtenidos en el laboratorio como la menor concentración de extracto etanólico de propóleos frente a la cual los microorganismos evaluados no exhibieron crecimiento visible.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la concentración mínima inhibitoria (MIC) para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Bacillus cereus*, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Concentración mínima inhibitoria, de extractos etanólicos de propóleo.

MICROORGANISMO	TRATAMIENTO	102 (mm)	104 (mm)	Clasificación
E. coli	100%	0	0	R
	80%	0	0	R
	60%	0	0	R
	40%	0	0	R
	20%	0	0	R
	alcohol 96%	0	0	-

MICROORGANISMO	TRATAMIENTO	102 (mm)	104 (mm)	Clasificación
S. aureus	100%	13	13	S
	80%	12	12,66	I
	60%	12,66	12,66	I
	40%	11,33	11,33	I
	20%	11	10	I
	alcohol 96%	0	0	-
Salmonella enteritidis	100%	0	0	R
	80%	0	0	R
	60%	0	0	R
	40%	0	0	R
	20%	0	0	R
	alcohol 96%	0	0	-
Bacillus cereus	100%	10	14	I
	80%	8	13,66	I
	60%	7	13,33	I
	40%	4,33	11,33	I
	20%	3	6,33	R
	alcohol 96%	0	0	-

Los resultados muestran que para los microorganismos *Escherichia coli*, y *Salmonella enteritidis* no se presentó inhibición, por lo tanto se clasifican como resistentes (R). En el caso de *Staphylococcus aureus* los diámetros de inhibición fueron comparados con los valores de sensibilidad de este microorganismo frente a oxaciclina NCCLS (2001) como R= ≤ 10 , I= 11-12 y S: ≥ 13 ; determinado MIC ($\mu\text{g/ml}$) R= ≤ 2 S= ≥ 4 . Para *Bacillus cereus*, se recomienda para la interpretación de los resultados de sensibilidad frente a penicilina usar los puntos de corte de *S. aureus* (Palavecino 2002). Si una penicilina estable es probada, el agente de elección es la oxaciclina, siendo estos los mismos valores antes mencionados.

CONCLUSIÓN

Para *Escherichia coli*, y *Salmonella enteritidis* no se presentó halo de inhibición, no hay una concentración mínima inhibitoria (MIC) de los extractos etanólicos de propóleos.

Para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, se determinó una concentración mínima inhibitoria preliminar de entre 2 y 4 $\mu\text{g/mL}$ de extracto etanólico de propóleo; lo que sugiere que

los extractos proponen ser un tratamiento eficiente contra estos microorganismos.

Se recomienda para un estudio posterior, realizar una estandarización de la prueba de difusión en disco, con extractos etanólicos de propóleos y la determinación de la concentración mínima inhibitoria por dilución en caldo.

BIBLIOGRAFIA

NCCLS (2001) MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Para la determinación de la sensibilidad a los antimicrobianos en bacterias aisladas de humano, CDC, NCCLS.

Martínez-Telmo, J. Figueroa y N. Martínez. (2003) Evaluación de la capacidad antimicrobiana de muestras de propoleo

Colombiano, Tesis de grado, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia.

Palavecino E.R (2002). Recomendaciones del Comité Nacional de Normas de Laboratorio Clínico, para el estudio de susceptibilidad en microorganismos fastidiosos y en microorganismos que presentan mecanismos de resistencia difíciles de detectar, Rev Chil Infect (2002); 19 (Supl. 2): S 129-134

Probst I.S, J.M Sforcin, V.L.M. Rall, A.A.H. Fernandez and J. Fernández. (2011). Antimicrobial activity of propolis and essential oils and synergism between these natural products. J. Venom. Anim. Toxins 17:159-167. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 17(2), 159-167. Retrieved November 27, 2013

Comparación entre la Calidad Microbiológica de Miel de *Tetragonisca Angustula* y de *Apis Mellifera*

*Comparison between the Microbiological Quality of Honey of *Tetragonisca Angustula* and *Apis Mellifera**

Paola Olaya-Sarmiento¹, Carolina Gutiérrez-Cortés², Claudia Hernández³

1 Estudiante de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Facultad Ciencias de la Salud, Bacteriología y Laboratorio Clínico. Calle 28 #5B-02, Bogotá, Colombia <ypolaya@unicolmayor.edu.co>

2 Estudiante de Doctorado en Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <cgutierrezco@unal.edu.co>

3 Candidata a doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <cehernandezlo@unal.edu.co>

Resumen. En Colombia se comercializa miel producida por *Apis mellifera* y en menor proporción miel de *Tetragonisca angustula* conocida como Angelita, sin embargo esta última no cuenta con parámetros microbiológicos definidos. Por lo tanto este trabajo busca establecer las diferencias de calidad microbiológica entre las mieles de *A. mellifera* y *T. angustula* teniendo como referente los límites establecidos en la normatividad vigente para la primera de estas. Se tomaron muestras de los dos tipos de miel y se les realizó recuento de microorganismos indicadores de calidad en alimentos. Se presentaron marcadas diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la miel de las dos especies en todos los microorganismos analizados y *A. mellifera* fue la única que cumplió con los estándares normativos establecidos. Se detectó la presencia de *Clostridium perfringens* en cuatro muestras y *Escherichia coli* en dos muestras de miel de *T. angustula*. Los resultados encontrados pueden estar relacionados con la humedad de esta miel y extracción del producto, por lo que es necesario considerar el diseño

de colmenas y establecimiento de parámetros de calidad específicos para mieles de abejas sin aguijón.

Palabras Clave: abejas sin aguijón, *Clostridium perfringens*, inocuidad.

Abstract. In Colombia the type of honey most consumed by humans is produced by honey Bees of the species *Apis mellifera* and in smaller proportion *Tetragonisca angustula* honey. While *A. mellifera* honey has clearly defined microbiological parameters, *T. angustula* honey does not. Therefore in this paper the aim is to establish microbiological quality differences between these honeys, taking as reference the limits set in current regulations for *A. mellifera*. Tests for indicator microorganisms in food quality control were performed on samples of both types of honey. Significant differences ($p < 0.05$) between the two honeys were found in all analyzed microorganisms and *A. mellifera* was the only one who fulfilled the established regulatory standards. The presence of

Clostridium perfringens was reported in four samples and *E. coli* in two sample of *T. angustula*. The results may be related to the moisture and the extraction of the product, which leads to conclude that it is necessary to consider stingless bee hive design and establishing specific quality parameters for stingless bee honey.

Key words: *stingless bees, Clostridium perfringens, innocuity.*

INTRODUCCION

En Colombia y otros países de Suramérica como Brasil y Argentina, se comercializan dos tipos de miel: la producida por *Apis mellifera* (Almeida-Muradian, 2013) y la de abejas sin aguijón (Nates-Parra, 2001). Entre estas últimas se encuentra la especie *Tetragonisca angustula* conocida popularmente como “Angelita”, y cuya miel ha empezado a comercializarse recientemente en pequeñas cantidades. Debido al avance de la apicultura, para la miel de *Apis mellifera* existen procedimientos estándar de extracción y normatividad para controlar su calidad los cuales son alcanzables debido a su bajo contenido de humedad en promedio del 18% (Velásquez *et al.*, 2013). En contraste para miel de *T. angustula* se reportan valores mayores al 20% establecido por la normatividad (Codex, 1981; Fuenmayor *et al.*, 2012). En este trabajo, se busca establecer las diferencias de calidad microbiológica entre las mieles producidas por *A. mellifera* y *T. angustula* teniendo como referente los límites establecidos en la normatividad vigente (Ministerio de Protección Social de Colombia, 2010).

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron 10 muestras de miel de *T. angustula* (proveniente del Jardín Botánico de Medellín) y extraída mediante partición de potes y 24 muestras de *A. mellifera* (Sierra nevada de Santa Marta) y obtenida por método convencional (Caron, 2010). Se realizaron recuentos de microorganismos aerobios mesófilos, mohos, levaduras, esporas de anaerobios sulfito reductor, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* mediante técnica de recuento en placa. Coliformes totales y fecales se determinaron por la técnica de número más probable (NMP) y determinación de *Salmonella* sp. con preenriquecimiento, enriquecimiento selectivo y posterior recuento en placa siguiendo los protocolos internacionales (American Public Health Association, 2001). Para buscar las diferencias estadísticas, cada variable fue comparada mediante análisis de varianza (ANOVA) con la especie de abeja como factor y tomando un nivel de significancia del 5%. Para este análisis se empleó el programa R versión 2.12.2.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 1. Resultados promedio análisis microbiológicos.

Grupo	A. mellifera n=24 T. angustula n=10		Valores máximos permitidos		
			Norma Colombiana*	Norma peruana**	Norma mexicana***
Mesófilos Log (UFC/g)	0,71 ± 0,8a	2,98 ± 0,16b	-	4	3
Mohos Log (UFC/g)	0,58 ± 0,7a	3,35 ± 0,14b	2	2	2
Levaduras Log (UFC/g)	0,58 ± 0,5a	3,95 ± 0,01b	2	-	2
Coliformes Log (NMP/g)	<0,48a	1,99 ± 0,59b	<0,48♣	-	-
Esporas de anaerobios sulfito reductores log(UFC/g)	< 1a	1,76 ± 1,13b	2	3	-

♣(Icontec, 2009) *(Ministerio de Protección Social, 2010) ** (Dirección general de salud ambiental, 2003) *** (NORMEX, 2006). Letras diferentes en la misma fila presentan diferencias significativas (p<0,05).

La Tabla 1 muestra los valores promedio y desviaciones estándar obtenidos en los recuentos de microorganismos indicadores, en todos los casos se encontró diferencias significativas (p<0,05). Sin embargo, en el caso de las mieles de *A. mellifera* usadas en esta investigación, ninguna se encontró sobrepasando los valores establecidos internacionalmente (American Public Health Association, 2001). En contraste los resultados de las mieles de *T. angustula* fueron marcadamente superiores a los de *A. mellifera* y sólo los niveles de coliformes cumplían con los requerimientos normativos.

Los grupos de microorganismos que se analizaron son indicadores de calidad en alimentos, teniendo así que la presencia de aerobios mesófilos indica si las condiciones de extracción y comercialización del producto fueron higiénicas y como podrían afectar directamente la vida útil del alimento. Los mohos y levaduras son también indicadores de las condiciones ambientales, mala conservación o deficiente control de temperatura a las que se ve expuesto el producto y además de los deficientes procesos de sanitización de superficies inertes (ANMAT, 2003). Las esporas de los mohos pueden llegar por vía aérea y así generar posteriormente la presencia de micotoxinas. También se encontraron microorganismos fermentadores de azúcar y productores de gas como los coliformes, comúnmente encontrados en el suelo, agua y material vegetal (ANMAT, 2003), los cuales pueden ser o no de origen fecal y su eliminación

se puede lograr mediante procesos térmicos. Se evidencio la presencia de *Clostridium perfringens* en cuatro muestras de miel de *T. angustula* lo que genera grandes cuestionamientos sobre su calidad microbiológica ya que este grupo bacteriano es capaz de formar esporas de anaerobios sulfito reductores y sobrevivir durante largos periodos de tiempo en el producto y eventualmente producir toxinas que representan alto riesgo para la salud pública como la botulínica o la del tétanos (Brown y Desai, 2013). Hubo presencia de *E. coli* en dos muestras de miel de Angelita lo que indica potencial contaminación fecal; no se encontró *S. aureus*, ni *Salmonella sp.*

Las colmenas de *T. angustula* que actualmente se usan no son tecnificadas dificultando la extracción de la miel y ocasionado contaminación cruzada, ya que suelen estar en cajas pequeñas de madera lo que obliga a hacer partición de potes en donde el producto final obtenido entra en contacto con las superficies de los mismos y diferentes utensilios (Aguilar *et al*, 2013). Caso contrario a lo que sucede en *A. mellifera*, en donde se evidencia el avance tecnológico importante en el diseño de colmenas y paneles con medidas y materiales especiales (Colmena Langstroth) haciendo que los procesos de extracción sean más sencillos evitando al máximo contacto con manipuladores y herramientas (Caron, 2010). Teniendo en cuenta la susceptibilidad de contaminación de la miel de *T. angustula* es necesario trabajar en nuevos diseños de colmena que reduzcan la contaminación cruzada durante la extracción y establecer estándares para asegurar su calidad microbiológica o aplicar la Resolución 1057 de 2010 de *A. mellifera*.

CONCLUSIÓN

Los recuentos microbiológicos en miel de *T. angustula* son significativamente mayores a los de *A. mellifera*, lo que se puede atribuir directamente a los procesos de extracción y a su alto contenido de humedad favoreciendo la colonización de diferentes microorganismos que llegan por diferentes vías y de algunos patógenos como *E. coli* y *C. perfringens*. Es necesario considerar el establecimiento de parámetros de calidad específicos, protocolos de extracción y el avance en el diseño de colmenas de abejas sin aguijón enfocados en minimizar la contaminación de la miel en el momento de la extracción y así poder cumplir la normatividad que se establezca para este producto.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, I., E. Herrera y G. Zamora. 2013. Capitulo 7: Stingless bees of Costa Rica, (pp. 113-124). En: Vit, P., Pedro, S. & Roubik, D., Pot- Honey, Springer, Londres, 654 p.
Almeida-Muradan, L. 2013. Capitulo 26: *Tetragonisca*

angustula Pot-Honey Compared to *Apis mellifera* Honey from Brazil, (374-376 pp.), En Vit, P., Pedro, S. y Roubik, D., Pot- Honey, Springer, Nueva York, 654 p.

- American Public Health Association, 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4 edición, Washington, Pouch, F. & Keith, I. Editores, 659 p.
ANMAT, 2003. Guia de interpretacion de resultados microbiologicos de alimentos. En: Administracion nacional de medicamentos, alimentos y tecnologia medica, <http://www.anmat.gov.ar>, (21 p.); Fecha de consulta: Febrero 2014.
Brown, N. and S. Desai. 2013. Infantile botulism: a case report and review. the journal of Emergency Medicine. 45(6): 842-845.
Caron, D.M. 2010. Manual practico de apicultura. En: Food 4 Farmers, <http://food4farmers.org/wp-content/uploads/2012/08/MANUALDEWEY.pdf> . (66 p.); Fecha de consulta: Febrero 2014.
Codex Alimentarius, 1981. Norma para la miel . CODEX STAN 12-1981, (9p.).
Dirección General de Salud Ambiental. 2003. Resolución Ministerial N° 615 - 2003 - S.A/DM del 28 de Junio del 2003. Criterios microbiológicos de la calidad sanitaria e inocuidad de los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú, 23 p.
Fuenmayor, C., C.M. Zuluaga-Domínguez, A. Díaz-Moreno y M. Quicazán. 2012. 'Miel de Angelita': nutritional composition and physicochemical properties of *Tetragonisca angustula* honey. *interciencia*, 37(2): 142-147.
ICONTEC, 2009, microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. método horizontal para la detección y enumeración de coliformes técnica del número más probable-NTC 4516. Bogota.
Ministerio de Proteccion Social. 2010. Resolucion 1057/2010 - Requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano. Resolucion, Bogota, 1-9p.
Nates-Parra, G. 2001. Las Abejas sin Aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2(3): 233-248.
NORMEX. 2006. Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C. NMX-F-036-NORMEX-2006. Norma Mexicana de la Miel. Secretaria de Economía. Dirección General de Normas, México. (47 p.).
Velásquez Giraldo, A. M., L.M. Vélez Acosta and R. Zuluaga Gallego. 2013. Physicochemical and Microbiological Characterization of *Apis mellifera* sp. Honey from Southwest of Antioquia in Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18): 69-74.

Origen Floral de Miel de Cafetales Orgánicos en la Sierra Nevada de Santa Marta

Floral Origin of Honeys from Organic Coffee Plantations in the Sierra Nevada de Santa Marta

León-Bonilla, Daniela¹, Nates-Parra, Guiomar²

^{1,2}Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria Carrera 30 Calle 45; daleonb@unal.edu.co; mgnatesp@unal.edu.co

Resumen. Con el fin de analizar el origen botánico de las mieles que se producen en apiarios asociados a cultivos de café orgánico en la Sierra Nevada de Santa Marta, se realizaron análisis melisopalínológicos a 47 muestras de miel. Se encontraron 90 tipos polínicos de 41 familias. Los tipos polínicos más abundantes fueron *Austroepatorium inulaefolium*, *Muntingia calabura*, *Coffea arabica*, *Inga sp.* y *Baccharis sp.* Se encontraron 19 mieles monoflorales. El café se destaca como un recurso de néctar importante para las abejas, al igual que el guamo, un árbol abundante en la zona cafetera.

Palabras clave: Origen botánico, *Coffea arabica*, polen, flora apícola.

Abstract. In order to analyze the botanical origin of honey produced in apiaries associated to organic coffee crops in the Sierra Nevada de Santa Marta, melissopalynological analyzes were performed to 47 honey samples. 90 pollen types of 41 families were found. The most abundant pollen types were *Austroepatorium inulaefolium*, *Muntingia calabura*, *Coffea arabica*, *Inga sp.* and *Baccharis sp.* 19 unifloral honeys were found. The coffee stands as a major resource nectar for bees, as well as the “guamo”, an abundant tree in the coffee region.

Key Words: Botanical origin, *Coffea arabica*, pollen, bee flora.

INTRODUCCIÓN

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) es considerada un sitio muy diverso con una gran cantidad de especies vegetales (Rangel y Garzón, 1995). Dentro de las actividades económicas más importantes en la región están la caficultura y la apicultura. Actualmente algunos de los caficultores han optado por manejar sus cultivos con agricultura orgánica; ésta mantiene zonas naturales dentro y alrededor de los campos de cultivo, y al no utilizar insumos químicos, se propicia un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres (FAO, 2013). Muchos de los caficultores manejan abejas (*A. mellifera*) dentro o en las proximidades de sus cultivos y esto favorece

tanto la producción cafetera como la apícola. Dependiendo de su origen geográfico y de su origen botánico la miel puede diferenciarse atendiendo a características particulares (Principal *et al.*, 2012); las mieles de la SNSM se han logrado diferenciar de otras regiones del país, tanto a nivel geográfico y botánico como a nivel fisicoquímico (Nates-Parra *et al.*, 2013; Zuluaga *et al.*, 2011). El objetivo del presente trabajo fue determinar el origen botánico de las mieles provenientes de apiarios asociados a cultivos orgánicos de café en la SNSM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mieles fueron cosechadas en los años 2012 y 2013 por los apicultores de los municipios de Ciénaga, Fundación, Santa Marta y Aracataca, y ellos las enviaban empacadas y rotuladas y llegaban finalmente al Laboratorio de Investigaciones en Abejas LABUN. De cada se tomaron 10ml y disolvieron en 20ml de agua destilada caliente. Se realizaron centrifugaciones para obtener el polen en el precipitado, y se realizó el proceso de acetólisis de Erdtman (1960) con modificaciones para mieles de Fonnegra (1989). Se contaron mínimo 300 granos de polen por lámina, excluyendo los de plantas anemófilas o que no producen néctar. La identificación de los tipos polínicos se realizó con ayuda de las palinotecas del LABUN y del Instituto de Ciencias Naturales y de catálogos polínicos (Moreno y Devia, 1982; Roubik y Moreno, 1991; Giraldo *et al.*, 2011). Las mieles se clasificaron según Louveaux *et al.*, (1970) y Ramírez-Arriaga *et al.*, (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 90 tipos polínicos de 41 familias botánicas; se identificaron 36 hasta especie, 42 hasta género, 11 hasta familia y un indeterminado. Las familias que más tipos polínicos aportaron fueron *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae*, y *Boraginaceae*. La familia *Asteraceae* se registra en varios trabajos sobre origen botánico de mieles como una de las más diversas e importantes para las abejas por ser fuente de néctar y de polen (Giraldo *et al.*, 2011; Principal *et al.*, 2012). Además,

se encontraron mieles oligoflorales de esta familia tal y como lo hicieron Ramírez-Arriaga *et al.*, (2011) en Venezuela y Nates-Parra *et al.*, (2013) en la SNSM. Las mieles monoflorales que se encontraron de guamo y de café, fueron también registradas en la misma región por Nates-Parra *et al.*, (2013) Los tipos polínicos más abundantes fueron *A. inulaefolium*, *M. calabura*, *C. arabica*, *Inga* sp. y *Baccharis* sp.; los más frecuentes fueron *A. inulaefolium*, *H. americanus*, *Spermacoce* sp., *Inga* sp. y *Baccharis* sp. Los tipos polínicos dominantes (que aparecieron en más del 45% de una miel), dieron como resultado 19 mieles monoflorales (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las mieles con base en su origen botánico.

Tipo	Cantidad	Origen botánico
Monofloral	2	<i>Coffea arabica</i>
	1	<i>Parathesis</i> Tipo
	12	<i>Inga</i> sp.
	1	<i>Sloanea</i> sp.
	1	<i>Arrabidaea</i> sp.
	1	<i>Austro eupatorium inulaefolium</i>
	1	<i>Muntingia calabura</i>
Bifloral	1	<i>Coffea arabica</i> + <i>Bursera simaruba</i>
	1	<i>Parathesis</i> Tipo + <i>Coffea arabica</i>
	1	<i>Coffea arabica</i> + <i>Anacardium excelsum</i>
	1	Cleomaceae Tipo + <i>Sloanea</i> sp.
	1	<i>Inga</i> sp. + <i>Adenaria floribuna</i>
	2	<i>Gouania</i> sp. + <i>Gliricidia sepium</i>
	1	<i>Heliocarpus americanus</i> + <i>Clibadium surinamense</i>
	1	Cleomaceae Tipo + <i>Muntingia calabura</i>
	1	<i>Inga</i> sp. + <i>Baccharis</i> sp.
	1	<i>Bactris</i> sp. + <i>Inga</i> sp.
1	<i>Spermacoce</i> sp. + <i>Inga</i> sp.	
Oligofloral	3	Asteraceae
Polifloral	1	<i>Coffea arabica</i> + <i>Critonia</i> Tipo + <i>Anacardium excelsum</i>
	1	<i>Spermacoce</i> sp. + <i>Inga</i> sp.
Multifloral	11	

CONCLUSIÓN

Las mieles provenientes de apiarios asociados a cultivos orgánicos de café en la SNSM, tienen un buen potencial de producción de mieles monoflorales, principalmente de guamo,

que es una planta abundante en la zona. El café es un recurso importante, encontrado en mieles monoflorales y acompañando a otras especies en mieles biflorales y en multiflorales. La familia Asteraceae es la que más tipos polínicos aporta en las mieles analizadas, siendo éstos muy frecuentes y abundantes en todas las mieles y generando mieles oligoflorales.

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia por la financiación del proyecto “Programa estratégico en alternativas para la generación de valor en productos apícolas en Colombia a través de la innovación y el desarrollo tecnológico”. Al ICTA y al equipo del LABUN por su apoyo. A los apicultores por la cosecha y el envío de sus muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- Erdtman G. 1960. The Acetolysis method, A revised description. Svensk Bot Tidskr. (54):561-564.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organic Agriculture. Disponible en <http://www.fao.org/organicag/oa-home/es/>. Consultado en Septiembre de 2013.
- Fonnegra, R. 1989. Análisis Palinológico de la Miel de Abejas. Métodos de Estudio Palinológico 44-47 p.
- Giraldo, C., A. Rodríguez, F. Chamorro, D. Obregón, P. Montoya, N. Ramírez, V. Solarte and G. Nates-Parra. 2011. Guía Ilustrada de polen y plantas nativas visitadas por abejas. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología 230 p.
- Louveaux, J., A. Maurizio and Y.G. Vorwohl. 1970. Methods of melissopalynology Bee World 51 (3): 125-138.
- Moreno, E. y W. Devia. 1982. Estudio del origen botánico del polen y miel almacenados por abejas *Apis mellifera*, *Trigona angustula* y *Melipona eburnea* en el Municipio de Arbeláez, Cundinamarca, 98 p.
- Nates-Parra, G., PM Montoya, F. Chamorro, N. Ramírez, C. Giraldo y D. Obregón. 2013. Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. Acta Biológica Colombiana 18(3): 427-438.
- Principal, J., Y. Morales, S. Fuselli, M. Pellegrini, S. Ruffinengo, M. Eguaras y C Barrios. 2012. Origen botánico de las mieles de *Apis mellifera* L. producidas en la cuenca del Embalse Guaremal, Estado Yaracuy, Venezuela. Zootecnia Tropical 30(1): 91-98.
- Ramírez-Arriaga, E., L.A. Navarro-Calvo y Y.E. Díaz-Carbajal. 2011. Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. Grana 50 (1): 40.
- Rangel, J.O. and A. Garzón. 1995. Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia. En J. O. Rangel, ed. Diversidad Biótica I. Santa Fé de Bogotá D. C: Universidad Nacional de Colombia. 155-170 p.
- Roubik, D.W y J.E. Moreno. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island. Missouri Botanical Garden. 268 p.
- Zuluaga, C.D., C. Díaz y M.C. Quicazán. 2011. Quimiometría aplicada a la diferenciación por origen de productos de las abejas. Alimentos Hoy 20(24):23-46.

Evolución de la Textura en Tilapia Roja Eviscerada y sin Eviscerar Almacenada en Hielo

Texture Evolution in Red Tilapia Gutted and Ungutted Stored in Ice

Nelson Gutiérrez G.¹, Claudia Milena Amorochó C.², Yaneth Liliana Ruíz O.³

1 Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana, Neiva. ngutierrezg@usco.edu.co

2 Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Agrícola Univ. Surcolombiana, Neiva. claudiamilena.amorochó@usco.edu.co

3 Ingeniero Agrícola. Magister en Ciencias Agroalimentarias. ylro821@hotmail.com

Resumen. Se evaluó la evolución del perfil de textura en Tilapia Roja eviscerada y sin eviscerar almacenada en hielo como indicador de la pérdida de frescura. Muestras de Tilapia Roja se almacenaron en cajas con hielo y se obtuvieron filetes a los 0,3,5,8,11,14 y 17 días para tilapia eviscerada y a los 0,3,6,9,11,14 y 16 días para tilapia sin eviscerar. Los resultados del análisis del perfil de textura mostraron que existe un efecto del tiempo de almacenamiento sobre la dureza, la firmeza y masticabilidad del filete, mientras que la adhesividad, cohesividad y elasticidad no se afectan. La dureza del filete presentó una disminución del 65% con respecto al valor inicial para Tilapia eviscerada; mientras que en la Tilapia sin eviscerar la dureza alcanzó una descenso del 73% al finalizar el almacenamiento.

Palabras Clave: Tilapia Roja, Análisis de Textura, Almacenamiento en hielo.

Abstract. Texture profile analyses were performed in Red Tilapia gutted and ungutted stored in ice. Red Tilapia samples were stored in ice and fillets were taken on days 0,3,5,8,11,14 and 17 in gutted tilapia and days 0,3,6,9,11,14 y 16 of storage in ungutted tilapia, double compression tests was realized. The texture profile analysis results showed significant differences in hardness, firmness and masticability, while adhesivity, elasticity and cohesivity, there are not significant. In Tilapia gutted the fillet hardness decrease in 65% in relation with initial value while Tilapia ungutted the hardness decrease in 73% in ending storage.

Key words: Red Tilapia, Texture analysis, Ice storage.

INTRODUCCIÓN

La textura es considerada una propiedad determinante de la calidad de la carne de pescado (Ayala *et al.*, 2010; Jain *et al.*, 2007), esta característica se afecta como resultado de cambios autolíticos, microbiológicos y químicos durante su almacenamiento (Olafsdóttir *et al.*, 1997). En la industria pesquera la textura es evaluada presionando con el dedo índice

el dorso del pescado, determinándose la firmeza en función de la resistencia y el tiempo que tarda en desaparecer la impresión en la muestra (Massa, 2006); las medidas instrumentales de textura son preferidas sobre evaluaciones sensoriales ya que los instrumentos reducen la variación entre medidas debido a factores humanos. Diferentes investigaciones han evaluado los cambios en la textura en filetes de pescado mediante el perfil de textura instrumental (TPA) y pruebas de compresión a desplazamiento constante (Li *et al.* 2013; Hernández *et al.*, 2009; Mai *et al.*, 2009; Ocaño-Higuera *et al.*, 2009; Hultmann y Rustad, 2007).

El objetivo de esta investigación fue utilizar medidas instrumentales de textura para determinar el perfil de textura y la evolución de la firmeza en filetes de Tilapia Roja eviscerada y sin eviscerar en función de los días de almacenamiento en hielo.

MATERIALES Y MÉTODOS

40 especímenes de Tilapia Roja eviscerados en el sitio de recolección, fueron embalados en cajas de poliestireno expandido, alternando capas de pescado con hielo en una proporción 1:1 y almacenadas entre 0 y 4°C; otros 40 pescados fueron almacenados sin eviscerar, en las mismas condiciones que el pescado eviscerado. En la tilapia eviscerada se hicieron muestreos a los 0,3,5,8,11,14 y 17 días de almacenamiento, mientras en la tilapia sin eviscerar se hicieron a los días 0,3,6,9,11,14 y 16. Cada día de muestreo se conformaron bloques de filetes de 40 x 60 x 16 mm, tomados de tres peces diferentes, sobre los que se aplicó doble compresión con un Analizador de Textura BROOKFIELD CT3 (Brookfield Eng. Lab., MA. U.S.A), con celda de carga de 10 kg y émbolo cilíndrico plano (TA25/1000) con un espesor de 20 mm y diámetro de 50,8 mm; se utilizó una velocidad de 0,8 mm/s con una carga de activación de 0,15 N y un 50% de deformación.

Análisis estadístico. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos para determinar la evolución de las variables de

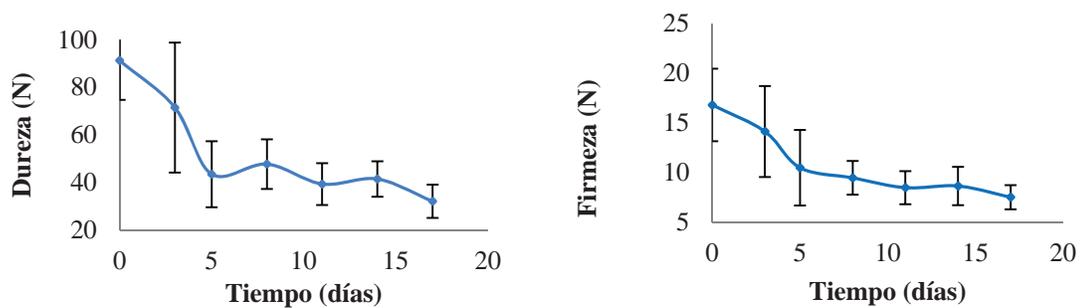


Figura 1. Evolución de Dureza y firmeza en filete de Tilapia Roja eviscerada almacenada en hielo (n=6).

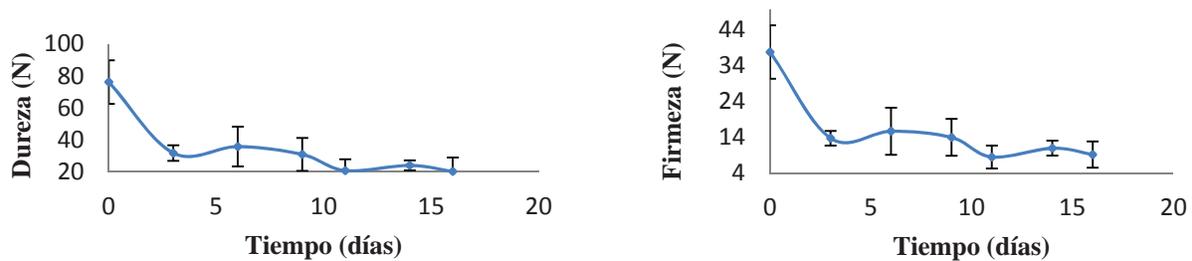


Figura 2. Evolución de Dureza y firmeza en filete de Tilapia Roja sin eviscerar almacenada en hielo (n=6).

textura en función del tiempo de almacenamiento en hielo y ANOVA de una vía ($\alpha = 0,05$). Para determinar diferencias estadísticamente significativas en las variables básicas de textura en función del tiempo de almacenamiento en hielo; se utilizó la prueba de test de rangos múltiples de HSD Tukey. Se empleó el programa informático Statgraphics Centurion XV.11 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSION

La evolución de la dureza y la firmeza del filete en la Tilapia Roja eviscerada esta presentada en la figura 1, y en la Tilapia Roja sin eviscerar en la figura 2.

De las figuras 1 y 2 puede verse que las variables básicas de textura evaluadas presentan una evolución descendente progresiva a medida que avanza el almacenamiento, siendo más notorio el cambio durante los cinco primeros días de almacenamiento; para el caso de la Tilapia eviscerada la dureza inicial fue de $91,19 \pm 16,51$ N (Figura 1), mientras que la Tilapia sin eviscerar inició con una dureza de $76,12 \pm 13,6$ N (Figura 2); al finalizar el almacenamiento, la Tilapia eviscerada obtuvo una dureza de $31,98 \pm 6,9$ N, representando una disminución del 65% con respecto al valor inicial; entre tanto en la Tilapia sin eviscerar la dureza alcanzó un valor final de $20,22 \pm 8,7$ N, equivalente a una disminución del 73% con respecto a su condición inicial. Resultados similares fueron reportados por

Massa (2006), en filetes de lenguado (*P. patagonicus*) durante su almacenamiento en hielo y por Jain *et al.*, (2007), en el pescado Rohu (*Labeo rohita*) almacenado en hielo.

De la misma forma, la firmeza en el filete presentó una tendencia descendente tanto en la Tilapia eviscerada (Figura 1) como sin eviscerar (Figura 2); en la Tilapia eviscerada, la firmeza al inicio del almacenamiento presentó un valor de $16,77 \pm 3,60$ N para terminar el día 17 con un valor de $7,49 \pm 1,22$ N, representando una pérdida de esta propiedad del 55%; para el caso de la Tilapia sin eviscerar, se encontró una firmeza inicial de $37,79 \pm 7,48$ N (día cero) y descendió al finalizar el proceso de almacenamiento (día 16) a $9,18 \pm 3,66$ N, equivalente a una pérdida del 75% respecto al valor inicial. Esta evolución se justifica teniendo en cuenta que en investigaciones previas, se ha mostrado que los peces se vuelven menos firmes a medida que avanza el almacenamiento (Stejskal *et al.*, 2011) (Rodríguez *et al.*, 2008).

En la Tabla 1 se presenta la evolución de los parámetros obtenidos en el perfil instrumental de textura para Tilapia eviscerada. Los parámetros que presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) a medida que avanzó el almacenamiento, fueron la dureza, la firmeza y la masticabilidad que pueden ser utilizados como indicadores de la pérdida de frescura. Para el caso de la Tilapia sin eviscerar, la evolución de los parámetros evaluados en función del tiempo

Tabla 1. Evolución de la tilapia eviscerada almacenada en hielo

DIA	0	3	5	8	14	17
Dureza (N)	91,1±16,5 a	71,4 ± 27,3 ab	43,3 ± 13,9 bc	47,6 ± 10,4 bc	41,3 ± 7,4 c	31,9 ± 6,9 c
Adhesividad (mJ)	1,2±0,3 a	1,1± 0,4 a	1,1 ± 0,8 a	1,52 ± 1,07 a	0,9 ± 0,5 a	0,6 ± 0,3 a
Cohesividad	0,18±0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
Elasticidad (mm)	3,2±0,3 a	2,8 ± 0,3 a	2,3 ± 0,1 a	3,1 ± 0,6 a	3,0 ± 0,8 a	2,8 ± 0,5 a
Firmeza (N)	16,7±3,6 a	14,1 ± 4,5 ab	10,4 ± 3,8 bc	9,4 ± 1,7 bc	8,6 ± 1,9 c	7,4 ± 1,2 c
Masticabilidad (mJ)	55,3±14,7 a	39,5 ± 14,8 ab	24,4 ± 8,0 b	29,4 ± 7,9 b	26,5 ± 10,1 b	21,6 ± 6,3 b

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$); $\bar{x} \pm S$

Tabla 2. Evolución de la tilapia sin eviscerar almacenada en hielo

DIA	0	3	6	11	14	16
Dureza (N)	76,1±13,6 a	31,7±4,9 b	35,7±12,4 b	20,7±7,0 b	23,9±3,1 b	20,2±8,7 b
Adhesividad (mJ)	0,3±0,1 a	0,6±0,3 a	0,5±0,2 a	0,6±0,3 a	0,4±0,2 a	0,5±0,2 a
Cohesividad		0,4±0,0 a	0,4±0,0 a	0,4±0,0 a	0,4±0,0 a	0,4±0,0 a
Elasticidad (mm)	3,1±0,3 a	3,5±1,3 a	3,0±0,2 a	2,4±0,2 a	2,6±0,29 a	2,5±0,4 a
Firmeza (N)	37,7±7,4 a	13,7±2,0 b	15,6±6,5 b	8,4±3,1 b	10,9±2,0 b	9,1±3,6 b
Masticabilidad (mJ)	119,8±32,7 a	46,6±11,6 b	49,0±22,8 b	21,3±8,9 b	29,3±8,9 b	24,2±11,4b

Letras diferentes en la misma fila indican cambios estadísticamente significativos ($P < 0,05$); $\bar{x} \pm S$

de almacenamiento en hielo se presentan en la tabla 2, al igual que en el caso de la Tilapia eviscerada, se presentan cambios estadísticamente significativos ($P < 0,05$) a medida que avanza el almacenamiento, aunque los descensos significativos en dureza del filete y dureza del vientre se hicieron notorios a partir del tercer día de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

Los componentes en un perfil de textura de pescado como parámetro de calidad, son utilizados por diferentes autores para expresar la pérdida de frescura durante el tiempo de almacenamiento en hielo, es así como a través del Análisis de perfil de textura APT en filete, la dureza, firmeza y masticabilidad, tanto en la Tilapia Roja eviscerada como sin eviscerar, fueron los atributos que más reflejaron el detrimento de la calidad de la carne y por tanto se convierten en posibles indicadores para evaluar la pérdida de frescura en la Tilapia.

BIBLIOGRAFÍA

Ayala, M.D., I. Abdel, M. Santaella, C. Martínez, M. Periago, F. Gil, A. Blanco and O. López. 2010. Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, Sparus

aurata L., during post-mortem storage. *LWT - Food Science and Technology* 43(3): 465–475.

Hernández, M.D. and M.B. López, A. Álvarez, E. Ferrandini, B. García and M.D. Garrido. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry* 114(1): 237–245.

Hultmann, L. and T. Rustad. 2007. Effects of temperature abuse on textural properties and proteolytic activities during post mortem iced storage of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry* 104(4): 1687–1697.

Jain, D., P. Pathare and M.R. Manikantan, 2007. Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. *Journal of Food Engineering* 81(2): 336–340.

Li, T., C. Li, and W. Hua. 2013. Changes in microbiological, physicochemical and muscle proteins of post mortem large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control* 34(2): 514–520.

Mai N., E. Martinsdóttir, K. Sveinsdóttir, G. Olafsdóttir and S. Arason. 2009. Application of Quality Index Method, Texture Measurements and Electronic Nose to Assess the Freshness of Atlantic Herring (*Clupea harengus*) Stored in Ice. *World Academy of*

- Science, Engineering and Technology 33: 283-289.
- Massa, E. 2006. Cambios bioquímicos post-mortem en músculo de diferentes especies pesqueras. Tesis Doctoral. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Mar de Plata, Argentina. 236 p.
- Casas, C., Martínez, O., Guillena M.D., Pinb, C. and J. Salmeron. 2006. Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. *Food Control* 17 (7): 511-515.
- Ocaño-Higuera, V.M., E. Marquez-Ríos, M. Canizales-Dávila, F.J. Castillo-Yáñez, R. Pacheco-Aguilar, M.F. Lugo-Sánchez, K.D. García-Orozco and A.Z. Graciano-Verdugo. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chemistry* 116(4): 933-938.
- Olafsdóttir, G., E. Martinsdóttir, J. Oehlenschläger, P. Dalgaard, B. Jensen, L. Undeland, I.M. Mackie, G. Henehan, J. Nielsen and H. Nielsen. 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Review. *Trends in Food Science & Technology* 81(8): 258-265.
- Rodríguez, A., N. Carriles, J. Cruz and S. Aubourg. 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C). *LWT - Food Science and Technology* 41(9): 1726-1732.
- Stejskal, V., P. Vejsada, M. Cepak, J. Špic̃ka, F. Vacha, J. Kouril and T. Polícar. 2011. Sensory and textural attributes and fatty acid profiles of fillets of extensively and intensively

Análisis del Sistema de Trazabilidad de Productos Cárnicos de Búfalo (*Bubalus bubalis*) en Barrancabermeja

Analysis of the Traceability System for Meat Products of Buffalo (*Bubalus bubalis*) at Barrancabermeja

Víctor Andrés Gómez Ruiz¹; Angélica María Cervantes Ordóñez²; Mónica María Pacheco Valderrama³;
Luz Elena Ramírez Gómez⁴; Oscar Orlando Porras Atencia⁵

- 1 Ingeniero Agroindustrial, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ-, Barrancabermeja. andres-agroindunipaz@hotmail.com
- 2 Docente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz –UNIPAZ-, Barrancabermeja. cervantes.angelica11@gmail.com
- 3 Docente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz. –UNIPAZ-, Barrancabermeja. pacheco.monica maria7@gmail.com
- 4 Docente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz –UNIPAZ-, Barrancabermeja. lucyrago@hotmail.com
- 5 Docente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz –UNIPAZ-, Barrancabermeja. osky79@hotmail.com

Resumen. El trabajo se orientó al análisis del sistema de trazabilidad en la línea de productos cárnicos en la empresa Altamar S.A. ubicada en la zona rural del municipio de Barrancabermeja, Santander (Colombia). Contempló la actualización del sistema desde la identificación de los productos, clientes y proveedores, la codificación de la materia prima cárnica y no cárnica, la identificación del producto terminado, los registros de transporte de animales en pie, la recepción de materia prima, el control de elaboración de productos, el control de calidad de producto terminado, almacenamiento y control de movimientos del producto dentro y fuera de la empresa. Se evidenció inicialmente que la empresa no contaba con un sistema de trazabilidad eficiente y debidamente documentado, dificultando identificar los lotes precisos de productos afectados con posibles consecuencias económicas negativas. En este sentido, se diseñó el sistema de codificación teniendo en cuenta los parámetros de fecha de recepción, código único del animal, consecutivo de desposte, fecha de producción, lote, fecha de

vencimiento y consecutivo de empaque. Para la disponibilidad de la información de manera rápida y segura se diseñó una herramienta de registro, procesamiento y seguimiento del sistema, contemplando los costos generados y la utilidad en la implementación del mismo. El sistema de trazabilidad le permitió a Altamar S.A. identificar oportunamente el origen de sus productos, rastreando la línea para garantizar al consumidor final alimentos inocuos.

Palabras clave: Alimento, base de datos, lote, producto, trazabilidad.

Abstract. The work is oriented to the analysis of the traceability system in the meat products field of the company Altamar S.A. located in the rural area of Barrancabermeja, Santander (Colombia). The system updating upon the identification of products, customers and suppliers, coding of meat raw material and non-meat, identification of the finished products, transport records of live animals, raw material reception, control product development, quality control of finished

products, storage and control of product movement inside and outside the company were considered. Initially it showed that the company did not have an efficient and properly documented traceability, making it difficult to identify the precise affected product lots with possible negative economic consequences. In this sense, the coding system taking into account the parameters of date of receipt, unique animal code, consecutive deboning, production date, batch, expiry date and packaging row was designed. For the quickly and effectively availability of information a tool for recording, processing and monitoring system was designed, considering the costs and the utility generated in the implementation. The traceability system allowed to Altamar SA identifies promptly the source of its products, the online tracking to ensure safe food to the end consumer.

Key words: Food, database, batch, product, traceability

INTRODUCCIÓN

Según el Codex Alimentarius CAC/GL 60-2006 en la sección 2 - definiciones *Rastreabilidad/rastreo de los productos*: la capacidad para seguir el desplazamiento de un alimento a través de una o varias etapas específicas de su producción, transformación y distribución. (CODEX ALIMENTARIUS. 2006.) Este concepto lleva inherente la necesidad de identificar cualquier producto dentro de la empresa, desde la adquisición de las materias primas o mercancías de entrada, a lo largo de las actividades de producción, transformación y/o distribución que desarrolle, hasta el momento en que el operador realice su entrega al siguiente eslabón en la cadena. (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2004)

El Ministerio de la Protección Social de Colombia mediante el Decreto 1500 de 2007, define la trazabilidad como la posibilidad de encontrar y seguir el rastro a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento, un alimento para los animales, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinada a ser incorporada en alimento o un alimento para los animales o con probabilidad de serlo.

Los sistemas de trazabilidad proporcionan confianza a los consumidores debido a que dan certeza de que los productos se producen con la conveniente transparencia informativa a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, desde el productor al consumidor. (Ministerio de Sanidad y consumo, 2004). En este sentido, la empresa Altamar S.A. busca desarrollar el sistema de trazabilidad con el fin de obtener un seguimiento de los productos, que garanticen la inocuidad de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización. La empresa Altamar S.A. se encuentra ubicada en el municipio de Barrancabermeja, Santander (Colombia) en el Kilómetro 25 vía Bucaramanga, vereda Tapazón, Hacienda El Palmar.

Metodología. Para el desarrollo del sistema de trazabilidad se realizó un estudio de los archivos existentes de la línea de productos cárnicos de búfalo en la empresa Altamar S.A. Se procedió a la identificación de proveedores de acuerdo a ubicación geográfica, materia prima y/o insumos suministrados. La identificación de clientes se estableció mediante indagación y entrevistas al personal de los departamentos de calidad y de producción de la planta, priorizando la ubicación geográfica y el tipo de producto.

Se definió el sistema de codificación de la materia prima cárnica, materia prima no cárnica y producto terminado teniendo en cuenta los siguientes parámetros: fecha de recepción, código único del animal, consecutivo de desposte, fecha de producción, lote, fecha de vencimiento y consecutivo de empaque.

Se actualizaron y validaron los diagramas de flujo, para la elaboración de formatos de registros.

Para el diseño de una herramienta de registro de base de datos (software), se realizó un comparativo de los programas Microsoft Office Access® y Microsoft Office Visual Basic®, en términos de costos de adquisición y paquetes anexos.

Se realizó el seguimiento a las etapas de producción, transformación y distribución de los productos de la empresa.

Se elaboró un documento guía para el personal de la empresa, con los requisitos y procedimientos básicos del plan de trazabilidad de la empresa Altamar S.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los productos de la línea de cárnicos elaborados por la empresa Altamar S.A. se encontraron hamburguesa, chorizo, salchicha y carne madurada con su respectiva ficha técnica.

En la identificación de clientes se encontró que la empresa cuenta con 14, de los cuales el 79% están ubicados en el departamento de Santander, el 14% en el departamento de Cesar y el 7% restante en el Departamento de Tolima; El 100% de los clientes comercializan los productos de la línea cárnica. Adicionalmente se encontró que Altamar S.A. es accionista del 43% de los clientes.

Con relación a los proveedores de insumos los resultados arrojaron que el 100% de estos se encuentran en el departamento

de Antioquia. El 100% del suministro de materia prima cárnica es realizado por la empresa Altamar S.A. que dentro de sus actividades económicas está la explotación bufalina.

Para el sistema de codificación de la materia prima cárnica se estableció el siguiente formato: Fecha de recepción (día, mes y año), seguido del código único del animal y consecutivo de desposte, como se observa en el ejemplo:

240613430-120

La codificación de la materia prima no cárnica se registra en los formatos la información correspondiente a lote de producción y fecha de vencimiento

En el caso de producto terminado la codificación corresponde a fecha de producción (día, mes y año), código único del animal y consecutivo de empaque, como se observa en el ejemplo:

250613430- 2367

Se actualizaron y validaron los diagramas de flujo de los diferentes productos de la línea, ratificando las etapas del proceso con sus respectivas variables, según se observa en la figura 1.

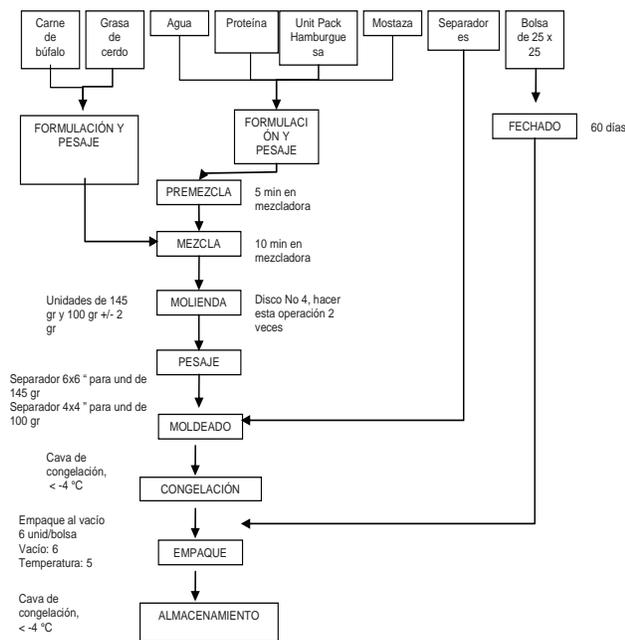


Figura 1. Flujograma para la elaboración de carne para hamburguesa normal

Fuente: Uribe, D., 2011.

Para el diseño de la herramienta de registro (software), se realizó la comparación y se determinó utilizar el paquete de Microsoft Office Access®, ya que Altamar S.A. cuenta con el programa Microsoft Office Professional, de tal manera, que crear la base de datos en Access no requiere de ningún costo para la empresa.

Para mantener la información organizada en la base de datos, el software contiene los siguientes formatos de registro de la trazabilidad en la empresa:

- Formato Registro del transporte de animales en pie.
- Formato Registro de recepción de materia prima cárnica.
- Formato Registro de recepción de materia prima no cárnica.
- Formato Control de producción de carne madurada.
- Formato Control del producto embutido y/o mezclado.
- Formato Registro de movimientos de productos.

CONCLUSIÓN

El lote diseñado para los productos de la línea cárnica en ALTAMAR S.A. proporcionó la máxima información necesaria sobre los productos, otorgando de una manera más eficaz la obtención de las fallas y el rastreo en toda la línea.

Con la herramienta de registro de información (software) se estableció una base de datos que permitió almacenar la información recolectada en los formatos de registro, organizándola y facilitando la búsqueda de una manera eficiente.

Con la elaboración del documento informativo, el cual queda en propiedad de Altamar S.A., para el personal nuevo de la empresa, se logró informar con facilidad sobre los requisitos y procedimientos básicos del plan de trazabilidad de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

Agencia Española de Seguridad Alimentaria. Guía para la aplicación del sistema de trazabilidad en la empresa agroalimentaria. Ministerio de Sanidad y Consumo. España. 2004. 79. p.

Ministerio de la Protección Social. Decreto 1500 de 2007. Comisión del Codex Alimentarius. Principios para la rastreabilidad / rastreo de productos como herramienta en el contexto de la inspección y certificación de alimentos. Codex Alimentarius. 2006. 4. p. En: http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1500_040507.pdf. 41 p.; Abril de 2014.

Calidad Físico-Química de Pescados Comercializados en Mercados de Porto Nacional - TO

Physical-Chemical Quality of Fish Marketed in Markets of Porto Nacional-To

Pedro Ysmael Cornejo Mujica¹; Irene Rodrigues Freitas²; Iris S. Pereira Morais¹ y Eduardo Sousa dos Anjos¹

¹ Universidade Federal do Tocantins – Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados – Av. NS15 ALCNO 14–Centro 77020-210 Palmas –TO, Brasil. pedroysmael@yahoo.com.br

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos 15054000 – São José do Rio Preto, SP, Brasil. irfreitas@yahoo.com.br

Resumen. El pescado es un alimento perecedero por su composición química compleja, pH próximo a la neutralidad, elevada actividad de agua, alto contenido de nutrientes fácilmente utilizados por los microorganismos, la presencia de lípidos insaturados, la acción enzimática y por la alta actividad metabólica de la microflora. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad físico-química de pescados comercializados en mercados de Porto Nacional - TO. Muestras de diferentes especies de pescados eviscerados comercializados en los mercados, fueron conducidas al laboratorio para realizar la determinación del pH, las bases nitrogenadas volátiles (BNV), y las reacciones de Eber para amoníaco y gas sulfhídrico. De acuerdo con los análisis para pH y BNV de la legislación en vigor, los pescados analizados se encontraban aptos para el consumo humano. La reacción negativa para amoníaco y gas sulfhídrico, mostró que los pescados evaluados no presentaban indicios de deterioro. Es necesario mejorar las condiciones físicas, higienico-sanitarias y estructurales de comercialización de pescados en los mercados, con la finalidad de mejorar la calidad de las especies comercializadas, así, como proteger la salud de los consumidores.

Palabras clave: Salud, análisis químico, deterioro, evaluación.

Abstract. Fish is a highly perishable food for its complex chemical composition, pH close to neutral, high activity of water, high nutrient content easily used by the microorganisms, the presence of unsaturated lipids, the enzyme action and high metabolic activity microflora. The present study aimed to evaluate the physical and chemical quality of fish sold in markets of Porto Nacional - TO. Samples of different species of fish gutted traded in markets, were taken to the laboratory for determination of pH and volatile bases nitrogen (VBN) and Eber reactions of ammonia and sulphide gas. According to analysis for pH and VNB of the legislation, the fishes analyzed were fit for human consumption. The negative reaction to ammonia and sulphide gas showed that fish tested showed no signs of deterioration. It is convenient to improve the

physical conditions sanitary and structural marketing of fish in the markets, in order to improve the quality of traded species, so as protect the health of consumers.

Key words: health, chemical analysis, deterioration, assessment

INTRODUCCIÓN

El pescado es un alimento de alto valor nutritivo por su elevado contenido de proteínas de alto valor biológico que presentan alta digestibilidad, vitaminas y sales minerales. El pescado es un alimento muy perecedero por su composición química compleja, pH próximo a la neutralidad, elevada actividad de agua, alto contenido de nutrientes fácilmente utilizados por los microorganismos, la presencia de lípidos insaturados, la acción enzimática y por la alta actividad metabólica de la microflora (Ashie *et al.*, 1996). La degradación del pescado es un fenómeno variable, determinado por la composición química de la carne y el número de especies bacterianas presentes; se favorece por el uso inadecuado o falta de refrigeración, condiciones higienico-sanitarias deficientes e inadecuado acondicionamiento del pescado durante la captura, manipulación, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización (Kubitza, 2006).

Uno de los problemas para la expansión del comercio de pescados es su perecibilidad, especialmente cuando es comercializado en la forma refrigerada. Dependiendo de la especie, de la forma de obtención, del procesamiento y del transporte, el período de conservación de pescados varía de 5 a 15 días. Esto se debe a las alteraciones autolíticas, microbianas y a la oxidación de lípidos. La comercialización de alimentos debe ser realizada en condiciones higienico-sanitarias adecuadas, con el objetivo de garantizar la calidad de los productos y la salud de los consumidores. La comercialización de pescados en mercados en condiciones higienico-sanitarias inadecuadas representa un peligro potencial para la salud de los consumidores, por propiciar el desarrollo bacteriano y transmitir enfermedades

de origen alimentar. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad físico-química de pescados comercializados en los mercados de Puerto Nacional-TO.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo: Pescados de diferentes especies comercializados en los mercados de Puerto Nacional - TO, fueron colectados en sacos plásticos estériles, luego fueron acondicionados en cajas térmicas con hielo y transportados al Laboratorio de Tecnología de Carnes de la Universidade Federal do Tocantins, para la realización del presente estudio.

Análisis físico-químicos: Se determinó el pH en el músculo homogenizado en agua destilada en la proporción de 1: 4 (Netto, 1984), utilizándose potenciómetro MICRONAL B-374, las bases nitrogenadas volátiles (BNV) de acuerdo con el método desarrollado por Kuaye (1982) y modificado en este estudio, y las reacciones de Eber para amoníaco y gas sulfhídrico de acuerdo con la metodología recomendada por el Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2009).

Análisis Estadístico: Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de variancia (ANOVA) y a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químicos en pescados comercializados en los mercados de Puerto Nacional – TO. La Tabla 1, presenta los análisis físico-químicos en pescados comercializados en los mercados de Puerto Nacional – TO.

Tabla 1. Análisis físico-químicas en peces comercializados en mercados de Puerto –Nacional TO *.

Especies	pH	BNV (mgN/100g)	Reacciones de Eber	
			NH ₃	H ₂ S
Caranha	6,45 a	16,87 b	-	-
Dourado	6,58 a	18,45 b	-	-
Mapará	6,52 a	16,58 b	-	-
Tambaqui	6,48 a	16,97 b	-	-
Tucunaré	6,35 a	19,10 b	-	-

* Valores medios de tres repeticiones: Medias seguidas de las mismas letras minúsculas en la misma columna no difieren entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La legislación vigente en Brasil, considera como límites de aceptación del pescado para consumo humano: pH (máximo: 6,8), BNV (máximo: 30 mgN/100g de músculo) y la reacción de gas sulfhídrico (negativa) (Brasil, 1962). Conforme muestra la Tabla 1, los pescados analizados presentaron valores de pH

oscilando entre 6,34 y 6, 58. De acuerdo con los patrones de pH, los pescados analizados pueden ser considerados aptos para el consumo humano. El pH es uno de los índices de calidad más utilizado para la determinación de la frescura de pescados, debido a la rapidez y facilidad de medición. La glucólisis post mortem resulta en la acumulación de ácido láctico, con la consecuente reducción del pH en el músculo. Después de la captura, en el músculo del pescado debido a la presencia de menor contenido de glucógeno, se forma menos ácido láctico produciéndose un aumento del pH, esto aumenta la velocidad de deterioración del pescado, debido a que el pH elevado promueve el crecimiento y multiplicación microbiana (Ashie *et al.*, 1996). Aumento del pH en filetes de tilapia, desde 6,22 hasta 6,66, se encontró durante el almacenamiento a 4°C (Reddy *et al.*, 1994). El contenido de BNV de las especies analizadas variaron de 15,08 a 21,70 mgN/100g. De acuerdo con los padrones de BNV, establecidos por la legislación vigente de Brasil, los pescados analizados pueden ser considerados aptos para el consumo humano.

De los compuestos de degradación, la determinación de las BNV es la prueba más utilizada para evaluar el grado de frescura de pescados. Las BNV comprenden compuestos como amoníaco, trimetilamina (TMA) y dimetilamina (DMA), los cuales son responsables por el olor de pescado deteriorado (Reddy *et al.*, 1994).

De acuerdo con Kuaye (1982), la acumulación de las BNV produce modificaciones químicas que ocurren en el músculo del pescado durante su deterioro. Durante el almacenamiento del pescado en hielo, el contenido de las BNV aumenta progresivamente en función de los procesos enzimáticos y microbianos. De esta forma, este parámetro es útil en la evaluación de la frescura del pescado. El aumento significativo de las BNV coincide con la descomposición microbiana.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los patrones para pH y BNV de la legislación en vigor en Brasil, los pescados analizados se encuentran aptos para el consumo humano.

La reacción negativa para amoníaco (NH₃) y gas sulfhídrico (H₂S), evidenció que los pescados evaluados no presentan indicios de deterioro.

Es necesario mejorar las condiciones físicas, higienico-sanitarias y estructurales en los mercados donde se comercializa el pescado, con la finalidad de mejorar la calidad de las especies y preservar la salud de los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashie, I.N.A., J. Smith and B.K. Simpson. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 36(182):87-121.
- Brasil 1962. Ministerio da Agricultura. Decreto n.1255 de 25 de junho de 1962. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Disponível en <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis>. Consulta: novembro 2009.
- Instituto Adolfo Lutz – IAL. 2009. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz – Métodos Físicos e Químicos. Quarta edição São Paulo, IAL p. 1020.
- Kuaye, A.Y. 1982. Comparação dos métodos para determinação das Bases Nitrogenadas Voláteis en pescado: parâmetros críticos e modificações. Dissertação Mestrado en Tecnología de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 98 p.
- Kubitza, F. 2006. Aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescados. *Panorama da Aquicultura*. 16(94):23-29.
- Netto, F.M. 1984. Modificações químicas, bioquímicas e sensoriais do híbrido de tilapia estocado en gelo. Dissertação Mestrado en Tecnología de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 79p.
- Reddy, N.R., C.L. Schreider, K.S. Buzard, G.E. Skinner and D.J. Armstrong. 1994. Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. *Journal of Food Science*. 59(2):260-264.

Evaluación Instrumental de Salchichas Elaboradas con Harinas de Chachafruto (*Erythrina Edulis*) y Quinoa (*Chenopodium Quinoa W*)

*Instrumental Evaluation of Sausages Made of Chachafruto (*Erythrina Edulis*) and Quinoa (*Chenopodium Quinoa W*) Flours*

Natalia Delgado C¹; William Albarracín H^{2*}

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá
jndelgadoc@unal.edu.co
2. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Ciudad Universitaria. Sede Torobajo.
Pasto, Nariño. walbarracinh@udenar.edu.co*

Resumen. Se evaluaron los efectos generados por la inclusión de harinas de quinoa y chachafruto al 0%, 3%, 6% y 9%, por medio de análisis instrumental de textura (WB) y color (CIE L*, a*, b*) y se comparó con los efectos generados por la inclusión de harinas de trigo y soya. Las harinas de quinoa y trigo, generaron la mayor fuerza de corte para el producto final, 66,08 N y 67,98 N, respectivamente. Las diferencias de color fueron similares a las de la formulación control. Los resultados sugieren que es posible usar la harina de chachafruto y la harina de quinoa en cantidades entre 3% y 6%, respectivamente, sin generar efectos negativos sobre la calidad del producto.

Palabras clave: extensores cárnicos, proteínas, color, textura, fuerza de corte, warner blatzer

Abstract. The effects of the addition of quinoa and chachafruto flour at 0%, 3%, 6% and 9% levels were evaluated by instrumental analysis of texture (WB) and color (CIE L*, a*, b*) and the effects generated by wheat and soy flours were compared. Quinoa and wheat flours generated the highest shearing force for the final product,

66.08 N and 67.98 N, respectively. Furthermore, the color differences were similar to the control formulation. The results suggest that it is possible to use chachafruto flour and quinoa flour in amounts no greater than 3% and 6% respectively without any adverse effects on the quality of the product.

Key words: meat extenders, protein, color, texture, shearing force, warner blatzer

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los consumidores demandan productos cárnicos que sean nutritivos, que cumplan con los criterios de calidad microbiológica y sean atractivos y agradables a los sentidos en relación a la apariencia, textura, aroma y sabor (Herrero *et al.*, 2008). Así mismo, las modificaciones que se realizan en el procesamiento de emulsiones para productos cárnicos empleando nuevas tecnologías y formulaciones, requieren ser evaluadas pues pueden afectar la calidad de los productos. La textura, es uno de los atributos, que se evalúa mediante métodos instrumentales y pruebas

sensoriales. El color, es otro de los atributos de importancia para los productos cárnicos, y está correlacionado con las coordenadas de intensidad L, rojo-verde a^* , amarillo-azul b^* , donde la luminosidad y el color rojo tienen mayor aceptación (Sánchez y Albarracín., 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad, mediante análisis instrumental, de las salchichas tipo Frankfurt elaboradas con la adición de harinas de quinua y chachafruto, comparadas con los efectos generados por las harinas de trigo y soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de harinas. Las harinas de quinua, soya y trigo fueron adquiridas con un proveedor local. La harina de chachafruto fue preparada de acuerdo con el procedimiento de Acero, 2002. Proceso general de elaboración de las salchichas tipo Frankfurt. Las emulsiones cárnicas para la obtención de salchichas tipo Frankfurt fueron preparadas de acuerdo con los protocolos de la planta piloto de carnes del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Además, las emulsiones se prepararon incluyendo los extensores (harinas de quinua (Q), trigo (T), soya (S) y chachafruto (CH)) al 0%, 3%, 6% y 9%, reduciendo en este mismo porcentaje el contenido de carne.

Análisis de Textura. Se realizó el ensayo de Warner-Bratzler (WB), con el equipo TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Microsystem), para valorar la fuerza máxima y esfuerzo de corte (Bourne, 2002). Se colocó una porción de muestra de dimensiones conocidas entre la abertura triangular de una cuchilla de 1 mm de espesor, con una velocidad de corte de 1 mm/s. Medida de Color. La medición objetiva de color de las muestras de salchichas sin y con extensores fue realizada usando un Colorímetro Minolta, Chroma Meter CR-200 con iluminante D65 y observador 2°, expresándose los valores de cromaticidad en las coordenadas L^* , a^* y b^* y calculando el valor ΔE^* . Las diferencias entre las coordenadas de color de las formulaciones se obtuvieron mediante la diferencia total colorimétrica (ΔE) (Ec. 1)

$$\Delta E = \sqrt{(a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2 + (L_1^* - L_2^*)^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Análisis estadístico. Los parámetros instrumentales de textura y color, se analizaron mediante un modelo completamente al azar con una estructura factorial 4 x 4. Los factores fueron el tipo de extensor (Q, T, S y CH) y el porcentaje de inclusión (0%; 3%; 6% y 9%). Los datos se analizaron mediante el PROC GLM del paquete estadístico SAS 9.0. El nivel de significancia fue de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la tabla 1, las variables fuerza máxima de corte y esfuerzo de corte, resultaron significativas ($p < 0,05$) para el producto. Con la harina de quinua, la fuerza de corte, aumentó significativamente en función del porcentaje de inclusión. La harina de trigo también presentó un aumento significativo en la fuerza de corte de las salchichas, respecto al control y los demás extensores. Mientras con la harina de soya, la fuerza fue similar a la fuerza generada por la formulación control y con la harina de chachafruto, la fuerza disminuyó significativamente ($p < 0,05$) a medida que aumenta el porcentaje de inclusión.

Tabla 1. Textura de las salchichas tipo Frankfurt mediante ensayo de Warner- Blatzer

Tratamiento	Fuerza máxima de corte (N)	Esfuerzo de corte (N.s)
Control	48,60+/-1,55ef	881,25+/-49,06bcd
Q3	52,62+/-3,12de	959,46+/-69,99abc
Q6	62,64+/-1,33bc	1049,30+/-145,58ab
Q9	66,08+/-1,69ab	1129,19+/-118,88a
T3	64,11+/-1,33abc	1116,14+/-28,12a
T6	60,93+/-2,53abc	920,37+/-124,37abc
T9	67,98+/-1,16a	1091,56+/-54,25a
S3	48,26+/-2,25ef	881,90+/-16,03bcd
S6	50,63+/-5,78def	1015,13+/-184,93ab
S9	57,66+/-3,23cd	1024,05+/-84,78ab
CH3	43,47+/-1,79fg	776,11+/-60,09cd
CH6	34,01+/-1,15h	592,83+/-57,96e
CH9	38,75+/-2,13gh	729,34+/-32,36de
p	<0,05	<0,05

*Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) **Control; Q3, Quinua 3%; Q6, Quinua 6%; Q9, Quinua 9%; T3, Trigo 3%; T6, Trigo 6%; T9, Trigo 9%; S3, Soya 3%; S6, Soya 6%; S9, Soya 9%; CH3, Chachafruto 3%; CH6, Chachafruto 6%; CH9, Chachafruto 9%.

Según la Tabla 2, se encontró interacción significativa ($p < 0,05$), entre el tipo de extensor y el porcentaje de inclusión para las coordenadas de color L, a y b. Las diferencias de color de las salchichas son atribuidas a la disminución de la mioglobina de la carne, por la adición de los extensores (Dzudie *et al.*, 2002). Las diferencias de color ΔE obtenidas, muestran que las salchichas elaboradas con harina de soya al 6% y 9% presentaron diferencias de

Tabla 2. Coordenadas de color y ΔE para las salchichas tipo Frankfurt

Tratamiento	Extensor	% inclusión	L	a	b	ΔE
Control	Control	0	64,41 +/-0,90 ^{bc}	15,59 +/-0,28 ^c	9,73 +/-0,20 ⁱ	
Q3	Harina de Quinua	3	63,47 +/-0,55 ^{de}	15,94 +/-0,32 ^{ab}	10,46 +/-0,16 ^h	1,24
Q6		6	63,30 +/-0,51 ^e	15,73 +/-0,27 ^{bc}	11,08 +/-0,25 ^g	1,75
Q9		9	62,66 +/-0,53 ^f	15,57 +/-0,31 ^c	11,68 +/-0,28 ^f	2,62
T3	Harina de Trigo	3	64,38 +/-0,47 ^{bc}	15,25 +/-0,16 ^d	11,48 +/-0,13 ^f	1,78
T6		6	63,51 +/-0,52 ^{de}	16,06 +/-0,28 ^a	10,93 +/-0,22 ^g	1,57
T9		9	64,72 +/-0,65 ^{ab}	13,43 +/-0,29 ^h	12,63 +/-0,22 ^e	3,63
S3	Harina de Soya	3	64,50 +/-0,48 ^{bc}	14,73 +/-0,33 ^e	12,52 +/-0,23 ^e	2,92
S6		6	63,54 +/-0,52 ^{de}	14,45 +/-0,28 ^f	14,28 +/-0,20 ^b	4,77
S9		9	62,41 +/-0,43 ^f	13,86 +/-0,31 ^g	16,04 +/-0,50 ^a	6,84
CH3	Harina de Chachafruto	3	63,96 +/-0,63 ^{cd}	15,06 +/-0,34 ^d	11,56 +/-0,29 ^f	1,96
CH6		6	64,60 +/-1,17 ^b	13,46 +/-0,26 ^h	13,24 +/-0,31 ^d	4,11
CH9		9	65,22 +/-0,73 ^a	13,34 +/-0,22 ^h	13,54 +/-0,23 ^c	4,50
P			<0,05	<0,05	<0,05	

*Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) **Control; Q3, Quinua 3%; Q6, Quinua 6%; Q9, Quinua 9%; T3, Trigo 3%; T6, Trigo 6%; T9, Trigo 9%; S3, Soya 3%; S6, Soya 6%; S9, Soya 9%; CH3, Chachafruto 3%; CH6, Chachafruto 6%; CH9, Chachafruto 9%.

color evidentes respecto a las salchichas elaboradas con la formulación control, puesto que sobrepasa los límites aceptables ($\Delta E=3$) (González, 2007), en términos de calidad en el color. Por otro lado, las salchichas elaboradas con harina de quinua y trigo en todos los niveles de inclusión, presentaron diferencias de color casi imperceptibles respecto a la formulación control, lo cual indica que el color no se altera con la inclusión de estos extensores.

CONCLUSIÓN

Las harinas de chachafruto y de quinua, se pueden utilizar en cantidades no mayores a 3% y 6%, respectivamente; sin que estas generen efectos negativos sobre la textura y color de las salchichas tipo Frankfurt. Por otro lado, se recomienda la realización de pruebas sensoriales para evaluar las diferencias encontradas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, L.E. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Chachafruto o Balú: *Erythrina edulis*. Recuperado de: <http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/faunayflora/balu/42.pdf>, pp 46; Consulta: Marzo 2012.
- Bourne, M.C. 2002. Food texture and viscosity: Concept and measurement. 2 ed. Food Science and Technology. International Series. San Diego, California. 415 p.
- Dzudie, T., J. Scher and J. Hardy. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. *Journal of Food Engineering* 52(2): 143-147.
- Gonzales, V.I. 2007. El color en la industria de alimentos. Ministerio de la educación superior.: Ed. Universitaria. La Habana, Cuba pp 61.
- Herrero, A.M., L. De la Hoz, J.A. Ordóñez, B. Herranz, M.D. Romero and M.I. Cambero. 2008. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physicochemical characteristics. *Meat Science* 80(3):690-696.
- Sánchez, I.C. and W. Albarracín. 2010. Análisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:227-239.

Características de la Miel con Diferente Tiempo de Almacenamiento en Alvéolos de *Tetragonisca Angostula*

Properties of Different Storage Time Honey With in Tetragonisca Angostula Pots

Doris Jannet Ascencio Tuso¹; Claudia Hernández² y Martha Cecilia Quicazán³

1 Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. djascenciot@unal.edu.co

2 Candidata a doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería – Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Carrera 30 # 45-03, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. cehernandezlo@unal.edu.co

3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. Además de la miel de *Apis mellifera*, en Colombia es creciente la cosecha de este producto de abejas sin aguijón, en especial de *Tetragonisca angustula Latreille*, 1811. Sin embargo es escaso el conocimiento acerca de las prácticas a seguir en su extracción y los parámetros a considerar asociados a su calidad. Con el propósito de establecer las bases para el fomento de esta actividad, este trabajo se realizó enfocado en determinar las diferencias de la miel y las estructuras alveolares donde es almacenada en la colmena, evaluando aspectos primordiales en los cambios en la composición del néctar recolectado. Se efectuaron observaciones en cinco colmenas técnicas de esta especie de abeja, con distinta ubicación geográfica, dando prelación a las variaciones de la miel depositada en los diversos potes e identificando las características visuales de los mismos. Con base en lo anterior se establecieron las diferencias en cuanto a pH, humedad y Grados Brix en los alvéolos en distinta etapa de construcción: Abiertos (PA), cerrados con burbuja (PCCB), cerrados sin burbuja (PCSB) y abiertos por las abejas para consumo (PAA). Se encontraron diferencias significativas en estos parámetros en las zonas geográficas evaluadas.

Palabras clave: Abejas sin aguijón, miel de pote, parámetros fisicoquímicos.

Abstract. Besides of honey from *Apis mellifera* bee, in Colombia harvesting honey of stingless bees is growing, especially honey from *Tetragonisca angustula* bee Latreille, 1811. However, there is a little knowledge about harvesting practices and the parameters associated with quality. In order to establish the basis for the development of this activity, this work was focused on determining the differences between honey and storage structures within the hive, evaluating important aspects, such as changes in the composition of the collected nectar. Observations were made in five technically hives from *T. angustula* species, which were located in different geographical locations, giving precedence to variations of

the deposited honey within different pots, visually identified. With the above, the differences were established as for pH, Brix and humidity into the alveoli with different construction stage: Open pots (OP), sealed pots with bubble (SPB), sealed pots without bubble (SPWB) and open pots for consumption (OPC). Based on the above, the differences in pH, moisture and Brix in the cells in different stages of construction were established consumer (PAA) with significant differences for these parameters evaluated.

Keywords: Stingless bee, honey pot, physicochemical parameters.

INTRODUCCIÓN

La miel es el producto del néctar de las flores que las abejas operarias recolectan, transportan, regurgitan y transforman mediante evaporación, distribución dentro de las celdas del panal y la adición de enzimas (Winston, 1987; Alfaro *et al.*, 2010); la actividad concluye con el sellamiento de las celdas del panal (Sgariglia *et al.*, 2010). Esta ruta es bien conocida para *Apis mellifera*, pero aún se encuentra en estudio en especies de abejas sin aguijón (Vit *et al.*, 2006). Las abejas sin aguijón construyen potes de cerumen (cavidades elipsoidales). La extracción de esta miel en Colombia, Centroamérica, Salvador, Honduras, México, Brasil se realiza artesanalmente, sin cuidados higiénicos (Vit, 2008; Stamatti, 2007; Villas-Bôas, 2012). En Colombia se ha incrementado el número de colmenas *T. angustula* debido a sus comprobados beneficios en polinización de especies frutales y a su adaptabilidad a diversos ambientes naturales. Actualmente, esta es la especie de abeja sin aguijón con mayor potencial productivo; en escenarios como el Jardín Botánico de Medellín han dedicado esfuerzos reflejados en más de 200 colmenas instaladas. En este estudio se evaluaron los cambios ocurridos en la miel almacenada en potes en diferente estado de construcción, antes de ser cosechada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuaron observaciones en 5 colmenas de *T. angustula*, seleccionando 2 meliponarios ubicados en Socorro (Santander) y 1 en Medellín Antioquia (Colombia). Las muestras de miel fueron tomadas con pipeta Pasteur, directamente de los potes identificados en la colmena. Se evaluaron las características visuales para encontrar las diferencias y establecer los tipos de miel en los potes según su estructura. A continuación se efectuaron tres mediciones in situ de Humedad (%), °Brix y pH mediante la utilización de refractómetro manual Euromex Microscopes-Holland, RF 0.232 HC TYPE (0-32%) y potenciómetro digital marca Orion Modelo 420. Se efectuaron tres repeticiones y se realizó el análisis estadístico para un modelo factorial con dos factores, tres variables, con un nivel de significancia del 5%, llevando cabo un análisis de varianza con el software Statistics 8, en conjunción con una prueba de comparaciones múltiples de Tukey-Kramer para establecer las similitudes y diferencias de la miel en los diferentes tipos de potes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con observaciones realizadas en colmenas de *T. angustula* en diferentes meliponarios, se identificaron cuatro estados de la miel en distintos potes de almacenamiento: PA, PCCB, PCSB y PAA. Los potes de alimento de *T. angustula* tienen forma elipsoidal con unas dimensiones promedio de: diámetro mayor 1,2cm, diámetro menor 1,0cm y una altura de 1,6cm, con una capacidad promedio de 1,2mL. Los tipos de potes identificados en las colmenas se observan en la figura 1.

En la Tabla 1, letras distintas en la misma fila o columna por parámetro indican diferencias significativas en la composición fisicoquímica. Se encontró diferencia significativa del contenido de humedad con respecto al tipo de pote, evidenciando una pérdida para los PCSB y PAA. En cuanto a los °Brix, se puede observar una concentración de azúcares a medida que el pote pasa de un estado al otro, mostrando la mayor concentración en los PCSB y PAA. La variabilidad del pH en los diferentes tipos de potes muestra que los PA y PCCB el pH es más bajo.



Figura 1. Esquema de miel almacenada en los tipos de potes identificados en colmenas de la especie de abejas sin aguijón *T. angustula*. 1. (PA), 2. (PCCB); 3. (PCSB) y 4. (PAA).

Tabla 1: Promedio de parámetros evaluados en miel almacenada en los potes identificados en 5 colmenas de tres meliponarios con diferente ubicación geográfica en los departamentos de Santander y Antioquia (Colombia).

Parámetro	Tipo de pote	Número de colmena				
		1 Media ± DS	2 Media ± DS	3 Media ± DS	4 Media ± DS	5 Media ± DS
pH	PA	4.53 ± 0.38 BC	4.27 ± 0.15 C	4.27 ± 0.06 C	4.5 ± 0.00 BC	4.33 ± 0.29 C
	PCCB	4.8 ± 0.00 ABC	4.53 ± 0.06 BC	4.67 ± 0.15 ABC	5 ± 0.50 ABC	4.83 ± 0.29 ABC
	PCSB	5.1 ± 0.17 AB	4.87 ± 0.15 ABC	5.13 ± 0.21 AB	5.17 ± 0.29 AB	5.17 ± 0.29 AB
	PAA	5.23 ± 0.25 AB	5.17 ± 0.15 AB	5.2 ± 0.00 AB	5.33 ± 0.29 A	5.33 ± 0.29 A
Humedad	PA	24.5 ± 0.44 BCD	23.73 ± 0.40 DE	25.73 ± 0.70 AB	26.67 ± 0.58 A	26.33 ± 0.29 A
	PCCB	23.87 ± 0.31 DE	23.27 ± 0.23 DEF	25.6 ± 0.35 ABC	24.33 ± 0.29 CDE	24.33 ± 0.76 CDE
	PCSB	23.48 ± 0.33 DEF	21.6 ± 0.53 G	23.13 ± 0.23 EF	24.33 ± 0.29 CDE	23.23 ± 0.23 DEF
	PAA	23.17 ± 0.29 DEF	21.33 ± 0.58 G	22.17 ± 0.76 FG	23.23 ± 0.23 DEF	22.2 ± 0.17 FG
°Brix	PA	73.7 ± 0.35 FG	74.83 ± 0.29 CDE	72.17 ± 0.29 IJ	71.33 ± 0.58 J	71.33 ± 0.29 J
	PCCB	74.7 ± 0.26 CDEF	75.63 ± 0.12 ABC	72.5 ± 0.10 HI	74.5 ± 0.00 DEFG	73.67 ± 0.58 FG
	PCSB	75 ± 0.50 CDE	76.63 ± 0.12 A	73.43 ± 0.60 GH	74.17 ± 0.29 EFG	75 ± 0.00 CDE
	PAA	75.17 ± 0.29 BCDE	76.17 ± 0.29 AB	74.57 ± 0.40 CDEF	75.17 ± 0.29 BCDE	75.5 ± 0.50 BCD

1, 2: colmenas ubicadas en el municipio del Socoro Santander meliponario La Primavera. 3: colmena ubicada en el municipio del Socoro Santander meliponario La Vega. 4, 5: colmenas ubicadas en Medellín Antioquia meliponario el Jardín Botánico. Pote abierto (PA), pote cerrado con burbuja (PCCB), pote cerrado sin burbuja (PCSB) y pote abierto para alimentación (PAA)

A medida que hay aumento de concentración de azúcares y pérdida del contenido de humedad, como sucede en los PCSB y PAA, el pH aumenta.

CONCLUSIÓN

La miel almacenada en los tipos de potes identificados muestran variación en °Brix, humedad y pH, estas diferencias en los parámetros se mantienen sin importar la zona geográfica de las muestras. Con la identificación de los tipos de potes (PA, PCCB, PCSB y PAA) y la caracterización realizada, se evidencia la necesidad de estandarizar la proporción de miel que puede extraerse de cada tipo de pote, con el fin de que tenga menor humedad y mayor concentración de azúcares. Se deben tener en cuenta los tipos de potes para garantizar uniformidad de características en la miel cosechada.

BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, R; J. González, J. Ortiz, F. Viera, A. Burgo, E. Martínez y E. Ramírez. 2010. Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán. Printed in Merida, Mexico. ISBN: 978-607-7573-42-5. 156 p.

Sgariglia, M; M. Vattuone, M. Sampietro, J. Soberón y D. Sampietro. 2010. Properties of honey from *Tetragonisca angustula fiebrigi* and *Plebeia wittmanni* of Argentina. *Apidologie* 41 (2010) 667–675, INRA/DIB-AGIB/EDP Sciences. DOI: 10.1051/apido/2010028.

Stamatti, L. 2007. Cría y manejo de abejas sin aguijón. Tucumán Argentina: Ediciones del Subtrópico.

Villas-Bôas, J. 2012. Manual Tecnológico Mel de Abelhas sem Ferrão, Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil. 96 p.

Vit, P; E. Enríquez, M. Barth y A. Matsuda. 2006. Necesidad del Control de Calidad de la Miel de Abejas sin aguijón. *Revista de Facultad de Medicina, U de los Andes.*, 15, 89-95.

Vit, P. 2008. La diversidad de abejas sin aguijón neo tropicales. Profesora e Investigadora de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Retrieved from vit@ula.ve.

Winston, M. 1987. *The Biology of the Honeybee*, First Harad University Press paperback edition, 1991. Cambridge, Massachusetts. London, England.

Efecto Antimicrobiano de la Batata (*Ipomoea batatas*) y el Limón Criollo (*Citrus limon*).

*Antimicrobial Effect of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) and Creole Lemon (*Citrus limon*).*

Beatriz Elena Álvarez Badel¹; Angélica María Abdallah Ruíz¹ y Alba Manuela Durango Villadiego¹

1 Ingeniera de Alimentos. M.Sc. Ciencias Agroalimentarias. Docente de la Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería bealvarez@correo.unicordoba.edu.co

Resumen. Las plantas se han convertido en una fuente efectiva y económica de productos químicos y cada día las investigaciones buscan mayores alternativas de conservantes naturales. En este trabajo se evaluó el efecto antimicrobiano de los extractos etílicos del tubérculo de la batata y la corteza del fruto del limón criollo frente a los microorganismos de *Salmonella sp*, *Echerichia coli*, y *Staphylococcus aureus*. Los extractos etanólicos se obtuvieron mediante el método de maceración. Para determinar el efecto antimicrobiano se utilizó el método de difusión en agar descrito por Kirby y Bauer. Se observaron halos de inhibición de 10 mm aproximadamente para los extractos de limón criollo y de batata. Se puede concluir que ambos extractos tienen poder antimicrobiano.

Palabras clave: Halos de inhibición, conservantes naturales.

Abstract. Plants have become a cost-effective source of chemicals and each day seeks higher research alternative natural preservatives. In this work, the antimicrobial effect of ethyl extracts of sweet potato tuber and fruit rind of creole lemon against microorganisms *Salmonella sp*, *Escherichia coli* was evaluated, and *Staphylococcus aureus*. Ethanolic extracts were obtained by the method of maceration. To determine the antimicrobial effect the agar diffusion method described by Kirby and Bauer was used. Inhibition zones of 10 mm for Lemon creole extracts and Sweet potato extracts were observed. It can be concluded that both extracts have antimicrobial activity.

Key words: inhibition zones, natural preservatives.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la preservación de los alimentos está enfocada en alternativas naturales como los extractos de hojas, flores, frutos, raíces de los vegetales. Muchos de estos extractos tienen

comprobada propiedad antibacterial y antifúngica. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto antimicrobiano de los extractos etílicos del tubérculo de la batata y la corteza del fruto del limón criollo frente a los microorganismos de *Salmonella sp*, *Echerichia coli*, y *Staphylococcus aureus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el efecto antimicrobiano de la corteza de limón criollo (*Citrus limon*) y la batata (*Ipomoea batatas*). Los limones y las batatas se recolectaron y se lavaron con agua destilada con el fin de retirar las impurezas. Se separaron la corteza de los limones y se rebanaron las batatas. Las muestras de corteza de limón se usaron frescas, mientras que las batatas se deshidrataron a 45°C por 48 horas. Los extractos etanólicos se obtuvieron mediante el método de maceración, por un periodo de 7 días, agitándolo cada 3 días por 1 hora. Luego, se filtraron y el solvente fue separado por rotaevaporación a 40°C. Finalmente, los extractos obtenidos se deshidrataron en un horno a 40°C por 24 horas. Para determinar el efecto antimicrobiano de los extractos sobre *Salmonella sp*, *E. coli*, y *Staphylococcus aureus*, se utilizó el método de difusión en agar descrito por Kirby y Bauer. Se trabajó con tres concentraciones diluidas en DMSO al 25% para el extracto de corteza de limón (5%, 10%, 15%) y al 50% para el extracto de batata (15%, 30% y 60%). En el ensayo se utilizaron discos de papel filtro Whatman No.1 de 6 mm de diámetro, impregnados con 15 ul de cada extracto. Discos de ampicilina (10mg) fueron usados como control positivo y discos impregnados con DMSO (25% y 50%) se usaron como control negativo.

Diseño de experimento: Se realizó bajo un arreglo completamente al azar, para cada extracto se evaluaron cuatro tratamientos y dos repeticiones. Se les realizó un análisis de varianza para observar diferencias entre tratamientos aplicada a los dos extractos para cada microorganismo, y un test de Tukey para comparación de

medias, con un nivel de significancia de 5% y determinar el mejor tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los tratamientos se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) para las diferentes concentraciones de extractos utilizadas (Tabla 1). Los extractos de corteza de limón mostraron halos de inhibición ≤ 10 mm (Tabla 2), evidenciándose una baja actividad antimicrobiana, concordantes con los trabajos de Espina *et al.*, (2011) y Teixeira *et al.*, (2013) con el aceite esencial de limón (*Citrus lemon*) y con Chanthaphon *et al.* (2008) con los extractos de seis cítricos diferentes. Kumar *et al.*, (2011) y Kirbaşlar *et al.*, (2009) encontraron halos de inhibición entre 9 y 20 mm de diámetro. El extracto de batata ejerció mayor inhibición sobre *E. coli*. Boo *et al.*, (2012), reportan actividad antimicrobiana en extractos de pigmento de batata (*Ipomoea batatas* L.) sobre *E. coli*, con halos de inhibición mayor a 10 mm de diámetro.

Tabla 1. Análisis de varianza de las zonas de inhibición de extractos de corteza de limón criollo y batata sobre *E. coli*, *Salmonella* y *S. aureus*.

Extracto de corteza de limón criollo	FV	GL	CM
E. coli	Tratamientos	3	166,594***
	Residuos	4	1,125
S. aureus	Tratamientos	3	129,00***
	Residuos	4	1,00
Salmonella	Tratamientos	3	96,344***
	Residuos	4	0,375
Extracto de batata	FV	GL	CM
E. coli	Tratamientos	3	147,594***
	Residuos	4	0,125
S. aureus	Tratamientos	3	98,094***
	Residuos	4	0,125
Salmonella	Tratamientos	3	94,09***
	Residuos	4	0,125

Tabla 2. Medias de las zonas de inhibición de extractos de corteza de limón criollo y batata sobre *E. coli*, *Salmonella* y *S. aureus*.

Extracto de corteza de limón criollo (mm)				Extracto de batata (mm)			
Concentración	E. coli	Salmonella	S. aureus	Concentración	E. coli	Salmonella	S. aureus
5%	9a	7,75b	0b	15%	9,75a	7,75a	8,25a
10%	0b	7,25b	8,5a	30%	10a	8a	8a
15%	9,25a	8,75a	7,5a	60%	10a	8a	8a
DMSO (25%)	0b	0c	0b	DMSO (50%)	0b	0b	0b
Ampicilina (10mg)	17	16	33	Ampicilina (10mg)	18	15	30

Nota: Letras iguales en la misma columna no difieren entre sí para el test de Tukey.

Se incluye diámetro del papel filtro (6mm)

CONCLUSIONES

Se demostró el efecto antimicrobiano de los extractos etílicos corteza de limón y el tubérculo de la batata sobre *E. coli*, *Salmonella sp.* y *S. aureus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Boo, H., S. Hwang, C. Bae, S. Park, B. Heo and S. Gorinstein. 2012. Extraction and characterization of some natural plant pigments. *Industrial Crops and Products*, 40: 129–135.
- Chanthaphon, S., S. Chanthachum and T. Hongpattarakere. 2008. Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical *Citrus* spp. against food-related microorganisms. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 30 (1): 125-131.
- Espina, L., M. Somolinos, S. Lorán, P. Conchello, D. García and R. Pagán. 2011. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*, 22: 896-902.
- Kirbaşlar F., A. Tavman, B. Dülger and G. Türker. 2009. Antimicrobial activity of turkish citrus peel oils. *Pakistan Journal of Botany*, 41(6): 3207-3212.
- Kumar, K., M. Narayani, A. Subanthini and M. Jayakumar. 2011. Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of Citrus Fruit Peels - Utilization of Fruit Waste. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(6): 5414-5421
- Teixeira, B., A. Marquesa, C. Ramos, N. Neng, J. Nogueira, J. Saraiva and M. Nunes. 2013. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*, 43: 587–595.

Materiales de Referencia Certificados, Herramienta para el Aseguramiento Metrológico en el Análisis de Alimentos

Certified Reference Material, Metrological Assurance in Food Analysis

Luisa Juana Bernal Roa¹; Ivonne Alejandra González Cárdenas²

1 Ingeniera Química, M. Sc. Subdirección de Metrología Química y Biomedicina, Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM), Carrera 50 No. 26 – 55 Interior 2, Bogotá, Colombia. E-mail: lbernal@inm.gov.co

2 Química, M. Sc. Subdirección de Metrología Química y Biomedicina, Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM), Carrera 50 No. 26 – 55 Interior 2, Bogotá, Colombia. E-mail: iagonzalez@inm.gov.co

Resumen. La calidad de un alimento está dada por la inocuidad, propiedades nutricionales y sus características sensoriales, en esta medida, la evaluación analítica de cada uno de estos aspectos permite asegurar un producto que no presente riesgos para quien lo consume y además, que satisfaga sus necesidades nutricionales y preferencias sensoriales; toda medición que permita caracterizar y asegurar la calidad de un producto requiere de una comparación con un patrón y de controles que permitan asegurar el resultado, es por esto que este documento busca resaltar la importancia del uso de materiales de referencia en los laboratorios de análisis de alimentos y así brindar criterios que permitan confiar en los resultados obtenidos y establecer la trazabilidad metrológica, de los mismos, a un sistema de referencia.

Palabras clave: Metrología, comparabilidad metrológica, validación, trazabilidad metrológica.

Abstract. Food quality is given by safety, nutritional and organoleptic aspects; an analytic assessment of those ensures a product safety, healthy and very appetizing for who consume it. In order to build confidence in the food products,

reliable measurements are needed. To use reference materials ensures the trueness of measurement. This document highlights the importance to use reference materials in food analytical laboratories in order to provide criteria to trust on the results of measurement and establish its metrological traceability to a reference system.

Key words: Metrology, metrological comparability, validation, metrological traceability.

INTRODUCCIÓN

Los laboratorios de análisis de alimentos, y en general los laboratorios de análisis químico son cuestionados, cada vez más, por la veracidad de sus resultados, la validez de sus métodos y la calidad de sus mediciones (Puwastien *et al.*, 2009); la información que ellos entregan, generalmente, es la base para la toma de decisiones que tienen impacto en la salud humana, en la calidad de un producto, en la destinación de recursos e incluso pueden tener implicaciones legales (Venelinov y Sahuquillo, 2006); por esta razón es importante

demostrar a partir de evidencias objetivas, que los métodos de medición empleados son confiables; la estandarización y validación, la participación en pruebas de aptitud y la implementación de un sistema de control de calidad son soportes claves en este proceso (Puwastien *et al.*, 2009). A lo largo de la validación se establece la exactitud, precisión, límites de detección y cuantificación, linealidad y robustez (Venelinov y Sahuquillo, 2006), parámetros que permiten caracterizar el método analítico y establecer si cumple con el uso previsto. Las pruebas de aptitud son evaluaciones externas de calidad, diseñadas para valorar la eficiencia de los laboratorios y la confiabilidad de sus resultados analíticos (Puwastien *et al.*, 2009). Asimismo, la confirmación metrológica de los equipos e instrumentos que tienen un efecto significativo en la exactitud y en la validez del resultado y es otro control que permite asegurar la calidad de una medición (ISO/IEC 17025, 2005). Estos mecanismos se apoyan en una herramienta transversal, que asegura la trazabilidad y la comparabilidad metrológica, que se conoce como patrón de medición, a este grupo pertenecen los Materiales de Referencia (MR) y los Materiales de Referencia Certificados (MRC) (Valente *et al.*, 2014), estos hacen posible la transferencia o la asignación de valores de medición; en el sector de alimentos han sido desarrollados en pro de brindar asistencia y soporte a los laboratorios de análisis involucrados con el área (Stephen *et al.*, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con la Guía ISO/IEC 30 y el Vocabulario Internacional de Metrología- VIM (ISO, 1992; BIPM, 2012), un Material de Referencia (MR) es un material suficientemente homogéneo y estable con respecto a una o más propiedades especificadas, establecido como apto para su uso en una aplicación determinada; cuando el valor de una o más propiedades es certificado por procedimientos válidos, con su incertidumbre y trazabilidad asociada, el MR se convierte en Material de Referencia Certificado (MRC) (Venelinov y Sahuquillo, 2006). Los MR y MRC juegan un papel muy importante en los sistemas de control de calidad (Puwastien *et al.*, 2009) ya que son usados en para la calibración de sistemas de medida, validación de métodos analíticos, evaluación de la exactitud, repetibilidad y reproducibilidad, control de calidad rutinario (cartas de control) y como herramientas para dar trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) (Stephen *et al.*, 2012). Diversos autores denominan a los MR como: MR de laboratorio (LRM), MR interno, Material de control de laboratorios (LCM) o Material de control de calidad (QCM) (Venelinov, T., y A. Sahuquillo, 2006). La necesidad de los MRC en el sector de los alimentos, es clara desde el punto de vista legal y de

inocuidad alimentaria, ya que las autoridades de vigilancia requieren de una herramienta de evaluación y control que les permita asegurar con exactitud y soportar metrológicamente la trazabilidad los resultados de medición, de manera que puedan hacer comparaciones directas con la reglamentación establecida por la comunidad científica y los organismos de seguridad alimentaria, sin embargo, la comparabilidad de los resultados y el aseguramiento de la exactitud no es una tarea fácil cuando se analiza matrices complejas como son los alimentos (Dabrio *et al.*, 2008).

Producción de materiales de referencia. Para llevar a cabo la producción de los MRC es necesario seguir los lineamientos de las guías ISO 34 y 35 (ISO, 2006; ISO, 2009), donde se describe los requisitos mínimos para el establecimiento de la homogeneidad y estabilidad, la caracterización del material y la asignación del valor del mensurando en la matriz candidata a material de referencia certificada (Dabrio *et al.*, 2008). Los productores de MRC deben garantizar que los productos ofrecidos satisfagan una serie de requisitos soportados por medio de la implementación de sistemas de calidad adecuados (Venelinov y Sahuquillo, 2006). Una limitante identificada en los MR de alimentos es la carencia de conmutabilidad y, en algunos casos, de estabilidad (Stephen *et al.*, 2012) dada por la presencia de otros compuestos que causan interferencias en la medición (efecto matriz) o por la falta de selectividad de los métodos.

CONCLUSIÓN

Se presentan las principales consideraciones relacionadas con los MR y MRC y su importancia en los laboratorios de análisis alimentos, estos se emplean con el objetivo de garantizar la calidad de los análisis y dar trazabilidad al SI de las diferentes magnitudes. Se identifica la necesidad de suministrar asesoría y soporte a los laboratorios de análisis en cuanto al uso de los materiales de referencia y la elección de los mismos de acuerdo con sus necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- BIPM, 2012. JCGM 200:2012 International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms. Tercera edición. En BIPM, <http://www.bipm.org>. 108 p; consulta: marzo 2014.
- Dabrio, M., B. Sejerøe-Olsen, S. Musser, H. Emteborg, F. Ulberth and H. Emons. 2008. Analytical methods production of a certified reference material for the acrylamide content in toasted bread, *Food Chemistry* 110(2):504–511.
- ISO Guide 30. 1992. Terms and definitions used in connection with reference materials. Second edition. International

Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 16 p.
ISO Guide 34. 2009. General requirements for the competence of reference materials producers. Third edition. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 34 p.
ISO Guide 35. 2006. Reference Materials—General and Statistical Principles for Certification. Third edition. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 64 p.
ISO/IEC 1702. 2005. General Requirement for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. Second edition. Geneva, Switzerland. 8p.
Puwastien, P., K. Judprasongand and N. Pinprapai. 2009. Development of rice reference material and its use for evaluation of analytical performance of food analysis laboratories. *Journal of Food Composition and Analysis*

22(5): 453–462.

Stephen A. W., K. W. Phinney, L. C. Sander and M. M. Schantz. 2012. Role of chromatography in the development of Standard Reference Materials for organic analysis. *Journal of Chromatography A* 1261: 3– 22.
Valente, A., A. Sanches-Silva, T.G. Albuquerque and H.S. Costa. 2014. Development of an orange juice in-house reference material and its application to guarantee the quality of vitamin C determination in fruits, juices and fruit pulps. *Food Chemistry* 154: 7
Venelinov, T and A. Sahuquillo. 2006. Optimizing the uses and the costs of reference materials in analytical laboratories. *Trends in Analytical Chemistry* 25(5): 528–533.

Estudio y Clasificación de Mieles Colombianas Mediante Redes Neuronales Artificiales y Análisis de Conglomerados

Study and Classification of Colombian Honeys Using Artificial Neural Networks and Cluster Analysis

Laura María Reyes Méndez; Guillermo Salamanca Grosso¹; Nelson Rodríguez Arias²

1 Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Universidad del Tolima.

2 Departamento de Matemáticas y Estadística. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima Ibagué Tolima Colombia A.A 546. Email: salamancagrosso@gmail.com

Resumen. El advenimiento de técnicas modernas de análisis estadístico, ha posibilitado el desarrollo y uso de técnicas de análisis multivariado y la aplicación de neuronales artificiales (RNA) como herramientas y técnicas de clasificación de los alimentos. En este trabajo, se han evaluado y estudiado las propiedades fisicoquímicas de 20 muestras de mieles colombianas de diferentes zonas de vida, sobre los parámetros de acidez total libre y lactónica, pH, humedad, sólidos solubles actividad de agua conductividad eléctrica (CE; mS/cm) y densidad óptica a 420 nm. Los resultados de las caracterizaciones fueron evaluados a través de un sistema de red probabilística neuronal (PNN) con clasificador bayesiano con atributos y propiedades fisicoquímicas obteniendo diferencias estadísticas significativas y clasificaciones entre 95 y 100% de exactitud.

Palabras clave: Alimentos, miel, propiedades fisicoquímicas, calidad, análisis multivariado.

Abstract. The advent of modern techniques of statistical analysis has enabled the development and use of techniques of multivariate analysis and the application of artificial neural (RNA) as tools for foods classification. We have been assessed and studied the physicochemical properties of 20

samples of Colombian honey from different biogeographical zones for lactonic, free and total acidity, pH, humidity, soluble solids, water activity, electrical conductivity and optical density at 420 nm. The results of the characterizations were evaluated through a system of probabilistic neural network (PNN) with Bayesian classifier with attributes and physicochemical properties getting significant statistical differences and classifications between 95 and 100% accurate.

Key words: Foods, honey. Physicochemical properties, quality control, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial para la Alimentación, ha definido a la miel como una sustancia dulce elaborada por la abeja (*Apis mellífera*) y sus diferentes subespecies, a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extraflorales, que las abejas liban, transportan, deshidratan, concentran y almacenan en los panales (Ramírez y Montenegro, 2004, Zhang *et al.*, 2012). La creciente necesidad de gestión de calidad en las industrias de alimentos ha permitido la construcción de sistemas automatizados, flexibles y robustos de clasificación (Savakar, 2012), para validar la autenticidad, identificar adulteraciones. Las redes neuronales

artificiales (RNA), se han usado para la resolución de algoritmos que se pueden llevar a cabo mediante análisis de los datos usando criterios multicapa, (Savakar, 2012; Debska y Guzowska-Swider, 2011; Marini, 2009). En éste mismo contexto el análisis de conglomerados, se usa como técnica exploratoria de clasificación de muestras con propiedades similares, (Kouchakzadeh y Brati, 2012). Los criterios estadísticos asociados a los sistemas de clasificación bayesiano se fundamentan en la regla mínimo error (Sandoval y Prieto, 2007). El objetivo de éste trabajo es la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas de mieles colombianas y el acercamiento a procesos de clasificación en función del origen biogeográfico, haciendo uso de redes neuronales artificiales y análisis de conglomerados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron las propiedades fisicoquímicas de 20 muestras de miel de las consociaciones en zonas de bosque húmedo premontano (*bh-PM*), (4 muestras); bosque húmedo tropical (*bh-T*), (6 muestras); bosque seco tropical (*bs-T*), (5 muestras); bosque húmedo montano bajo (*bh-MB*), (1 muestra); bosque muy húmedo premontano (*bmh-PM*), (1 muestra) y seco montano bajo (*bs-MB*), (3 muestras). Las propiedades fisicoquímicas se estudiaron conforme a las directrices establecidas en métodos armonizados de la Comisión Internacional de la Miel (ICH, 2002). Los resultados de los análisis fueron analizados con los paquete estadístico InfoStat™ y Statgraphics Centurión XV™ usando algoritmos de red neuronal artificial (RNA) y de clasificación para conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de clasificación mediante redes neuronales artificiales, operando sobre 9 variables (a_w , X_{AT} , X_{AL} , X_F , X_{AT} , X_{AL} , X_F , pH; C.E.);

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de grupos de mieles colombianas en función del color.

Color	Zonas	X _{SS}	a _w	X _F	X _{AL}	X _{AT}	X _W	pH	C.E.	D.O
A	<i>bh-PM</i>	78.7	0.62	31.5	0.00	31.5	21.68	4.15	565	0.96
	<i>bh-T</i>	80.7	0.63	31.5	6.67	38.2	19.3	3.52	283	1.08
	<i>bs-MB</i>	77.9	0.61	41.0	13.2	54.2	22.03	3.75	612	0.90
	<i>bs-T</i>	78.9	0.62	51.5	4.80	56.3	20.83	4.77	1055	0.82
DA	<i>bs-T</i>	79.3	0.60	39.1	6.67	45.8	20.72	3.69	458	0.78
	<i>bh-T</i>	77.3	0.62	38.2	2.93	41.1	22.68	3.51	353	0.81
	<i>bh-MB</i>	79.9	0.60	35.3	3.87	39.2	21.02	4.39	878	1.26
	<i>bh-MB</i>	78.4	0.63	45.8	2.00	47.8	21.64	3.86	485	0.47
ELA	<i>bh-T</i>	76.8	0.61	18.5	0.00	18.5	23.17	3.7	227	0.32
	<i>bh-T</i>	77.8	0.62	28.1	4.80	32.9	22.16	3.27	198	0.22
	<i>bs-T</i>	81.4	0.58	22.9	0.00	22.9	19.01	3.64	141	0.21
	<i>bs-T</i>	78.4	0.59	28.6	5.74	34.4	21.03	3.64	275	0.39
LA	<i>bs-T</i>	80.4	0.59	28.6	6.67	35.9	20.94	3.45	239	0.40
	<i>bmh-PM</i>	78.1	0.60	41.9	7.60	49.6	21.9	3.70	399	0.38
	<i>bh-PM</i>	80.5	0.62	36.3	2.00	38.25	20.32	3.53	314	0.56
	<i>bh-T</i>	79.4	0.58	36.3	4.80	41.05	20.62	3.7	736	0.56
LA	<i>bh-T</i>	77.7	0.62	36.3	10.41	46.65	23.14	3.54	422	0.61
	<i>bs-MB</i>	84.1	0.56	21.0	0.00	20.98	15.88	3.96	532	0.47
	<i>bs-T</i>	80.9	0.61	29.6	7.60	37.18	20.1	3.66	320	0.46

DO) y 20 muestras de mieles colombianas, permite asociar tipos de muestras en 4 grupos (ELA, LA, A, DA) coincidentes con el color natural de las muestras e independientes de las propiedades fisicoquímicas y atributos sensoriales. El 30% de las muestras se pueden clasificar como mieles de mielada y el 70% restante como miel de flores. La humedad de las mieles en general es variable entre los grupos de la misma tonalidad y entre tonalidades de otros grupos; muestras de la tonalidad LA presentan una humedad menor a los grupos A, ELA y DA (Tabla 1). Las muestras de tonalidades A y DA exhiben valores mayores de actividad de agua en relación al grupo de color ELA y LA. La acidez total y el pH de las mieles siguen este mismo patrón. Las mayores diferencias se presentan en el parámetro de conductividad, asociados a la composición del néctar de las plantas según el origen botánico.

El análisis de conglomerados revela 4 clúster estructurados por grupos de muestras de miel de diferente tonalidad. Clúster 1, mieles de tonalidad LA y ELA (2 muestras); clúster 2 mieles de tonalidad ELA, de las zonas (*bh-T*, *bh-MB*; *bs-T*; *bs-MB*), (6 muestras); clúster 3, característico de mieles tipo A y DA, con 3 muestras propias de clima frío y el clúster 4 con diversidad de mieles de las tonalidades A, LA, ELA y DA, con 9 muestras. En el proceso de clasificación se observa que el color de las muestras es independiente de las zonas de vida, puesto que muestras de la misma o distinta tonalidad se presentan indistintamente en diferentes consociaciones (Tabla 2), la densidad óptica contribuye a la diferenciación. La acidez total es un parámetro de clasificación complementario. La acidez total de las mieles ámbar oscilan entre 31,5 a 56,3 meq/kg, que es menor en relación a las mieles extra (ELA) y (LA), con 18,5 a 47,8 y 20,9 a 49,6 meq/kg respectivamente. La acidez láctica (X_{AL}), no excede los 13,2 meq/kg. El pH y la conductividad eléctrica (C.E) permiten deducir el carácter de las mieles. pH superiores a 4,0 y elevados tenores de C.E., son indicativos de tipos de mieles de mielada. Los parámetros de la referencia contribuyen de manera significativa en la clasificación por conglomerados.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mieles colombianas en función de su origen biogeográfico

Color	Unidades	A	DA	ELA	LA
X _W	g/100g	20.9±10.5	21.9±1.36	21.4±9.43	20.3±10.0
a _w	-	0.62±0.01	0.61±0.01	0.61±0.02	0.60±0.02
pH	-	3.98±0.50	3.95±0.62	3.55±0.23	3.68±0.16
X _{SS}	g/100g	79.1±1.00	78.6±1.86	78.7±1.63	80.1±2.34
X _{AT}	-	45.2±10.5	40.1±1.36	32.1±9.43	38.9±10.0
X _F	meq/kg	38.9±8.27	36.7±2.02	28.7±8.51	33.6±7.30
X _{AL}	-	6.27±4.74	3.40±0.66	3.43±2.95	5.40±3.89
C.E.	mS/cm	594.6 ^a	615.5	251.8	453.8
D.O	420nm	0.91±0.12	1.04±0.32	0.32±0.11	0.50±0.08

CONCLUSIÓN

Se implementaron protocolos que han sido utilizados como criterio de clasificación de mieles colombianas, haciendo uso de un sistema de redes neuronales que han permitido identificar tipos de muestras en función de parámetros fisicoquímicos de calidad, para diferenciar tipos de mieles de acuerdo a la zona y época de cosecha. El estudio contribuye a los procesos de clasificación y diferenciación de mieles en relación al tipo miel o mielada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) por la asignación de fondos para el desarrollo del proyecto, en el marco de la convocatoria N° 525 a través del programa Jóvenes Investigadores E Innovadores 2011.-

BIBLIOGRAFÍA

Debska, B., and B. Guzowska-Swider. 2011. Application of artificial neural network in food classification. *Analytica chimica acta*. 705(1-2), 283–91.
Internacional Honey Commission (ICH). 2002. Harmonised methods

of the internacional Money commission. Bern, Switzerland.
Kouchakzadeh, A., and A. Brati. 2012. Discrimination of Pistachios Varieties with Neural Network using some Physical Characteristic. *Int. J. Emerg. Sci.* 2(2): 259-267.
Marini, F. 2009. Artificial neural networks in foodstuff analyses: Trends and perspectives A review. *Analytica Chimica Acta*. 635(2): 121–131.
Ramírez, R. y G. Montenegro. 2004. Certificación del origen botánico de miel y polen corbicular pertenecientes a la comuna de Litueche, VI región de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 31:197-211.
Sandoval, N.Z. and O.F. Prieto. 2007. Caracterización de café cereza empleando técnicas de visión artificial. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. 60 (2): 4105 - 4127.
Savakar, D. 2012. Recognition and Classification of Similar Looking Food Grain Images using Artificial Neural Networks. *Journal of Applied Computer Science & Mathematics* 13 (6): 61-65.
Zhang, Y., Y. Song, T. Zhou, X. Liao, X. Hu and Q. Li. 2012. Kinetics of 5-hydroxymethylfurfural formation in chinese acacia honey during heat treatment. *Food Science and Biotechnology*. 21 (6): 1627-1632.

In Vitro Antimicrobial Activity of Chitosan and Citric Essential Oil Edible Coatings

Actividad Antimicrobiana In Vitro de Recubrimientos Comestibles de Quitosano y Aceites Esenciales de Cítricos

Rico Rodríguez Fabián¹; Gutiérrez Cortés Carolina²; Díaz Moreno Consuelo³

- 1 Estudiante PhD Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. E-mail: faricoro@unal.edu.co
- 2 Microbióloga, MSc. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.
- 3 Profesor Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

Abstract. Chitosan (CH) is an animal source biopolymer with antimicrobial activity (AA) against a wide range of microorganisms like pathogenic and spoiler ones. Citric essential oils (EOL) also have inhibitory effect. AA of CH and EOL of lemon and orange coatings against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* and *Saccharomyces cerevisiae* were evaluated. Lemon EOL showed higher AA against the studied microorganisms. Combination of CH and lemon EOL showed evidence of antimicrobial effect against the 4 microorganisms.

Key words: Antimicrobial activity, essential oils, chitosan, biopreservation.

Resumen. El quitosano (CH) es un biopolímero de origen animal con actividad antimicrobiana (AA) contra gran variedad de microorganismos. Los aceites esenciales de cítricos (EOL) también poseen efecto inhibitorio. Se evaluó la AA de CH y EOL de limón y naranja contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* y *Saccharomyces cerevisiae*. EOL de limón mostró alta AA contra los micrororganismos estudiados. La combinación de CH y EOL de limón mostró evidencia de efecto antimicrobiano contra los 4 microorganismos.

Palabras clave: actividad antimicrobiana, aceite esencial, quitosano, biopreservación.

INTRODUCTION

CH is a polysaccharide obtained from crustacean exoskeleton chitin. CH is a non-toxic, biofunctional and antimicrobial compound used as component of coatings and films for protecting foods to improve their shelf life (Vargas *et al.*, 2009). It is believed that CH action mechanism is due to the presence of positively charged amino groups in the chain which interact with negatively charged cell membrane of bacteria causing its weaken and breaking. (Goy *et al.*, 2009). EOL are secondary metabolites produced by plants considered as highly volatile bioactive compounds with AA. EOL have been efficient when inhibiting *Salmonella sp.* growing and other pathogen microorganisms (Bajpai *et al.*, 2011). The objective of this work was to evaluate the *in vivo* AA of CH and lemon and orange EOL against *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* and *Saccharomyces cerevisiae*.

MATERIALS AND METHODS

Coatings. Solutions of commercial (Kittoflo®) and analytical grade (Sigma-Alrich®) CH and lemon and orange (Aromasynt SAS) EOL were prepared with a modification of the procedure reported by Sánchez-Gonzalez *et al.* (2011). CH (1% w/v) was dissolved in lactic acid (1% v/v) at 40 °C. Then, the solution was filtered and mixed with glycerol (0.5% v/v) and tween80® (0.5% v/v). Lemon and orange EOL were emulsified at concentration of 1% (v/v) in agitation at 800 rpm for 3 h. pH was adjusted to 3.5. Working solutions were analytical CH (1%), commercial CH (1%), orange EOL (1%), lemon EOL (1%), and CH combined with each EOL.

Culture activation and AA. AA of CH and EOL coatings were evaluated *in vitro* using *E. coli* (ATCC 25922), *S. enteritidis* (ATCC 13076), *St. aureus* (ATCC 25923) and *Sc. Cerevisiae* (ATCC 2601). Pure cell cultures were activated in nutritive broth (Oxoid) and cultured in nutrient agar (Oxoid) overnight at 37 °C. 1 mL of the inoculum (10⁸ UFC) was diluted to 10⁵ UFC/mL and inoculated in Müller-Hinton agar. Thereafter, sterile paper discs of 6 mm diameter were impregnated with 50 µL of each solution according with the procedure described by Espina *et al.*, (2011). AA was measured by the diameter of the inhibition zones. A disc of ampicillin was used as positive control.

Statistical analysis. Results were analyzed by a complete randomized block design (ANOVA), with 5% of significance using Statistics 8.0®. Treatments were CH solutions and blocks were EOL's. Multiple comparisons were performed through Tukey test.

RESULTS AND DISCUSSION

Reference values for susceptibility tests are presented in Table 1 with ampicillin as microbial action indicator. *E. coli* (Table 2) showed no differences between treatments ($p > 0.05$). Diameters for commercial chitosan (CCH), analytical CH (ACH) and lemon EOL (LEO) presented inhibition zones from 10 mm to 12 mm. Orange EOL (NEO). Combinations did not show inhibition zones. *S. enteritidis* showed the higher inhibition zone (14 mm) for

Table 1. Reference values (mm) NCCLS susceptibility assays for ampicillin 10 µg.

Microorganism	Resistant	Intermediate	Susceptible
<i>E. coli</i>	<13	14 – 16	>17
<i>Salmonella sp.</i>	<13	14 – 16	>17
<i>S. aureus</i>	<28	-	>29

Note: The values respond to diameter around paper discs.

Source: (NCCLS, 2007)

Table 2. Inhibition diameter (mm) of Chitosan and Essential oils.

Micro-organism	Ampicillin	ACH	CCH	LEO	OEO	CLO	COO	ALO	AOO
<i>S. cerevisiae</i>	14	10	10	14	12	10	N	12	N
<i>S. enteritidis</i>	18	8	8	14	10	12	N	12	N
<i>E. coli</i>	16	10	10	12	N	N	N	N	N
<i>S. aureus</i>	18	12	10	14	12	10	N	10	N

N = No inhibition zones detected

ACH = analytical chitosan; CCH = comercial chitosan; LEO = lemon essential oil; OEO = orange essential oil; CLO = comercial chitosan and lemon essential oil; COO = comercial chitosan and orange essential oil; ALO = analytical chitosan and lemon essential oil; AOO = analytical chitosan and orange essential oil.

lemon EOL. Combination of analytical CH and lemon EOL (ALO) and commercial CH and lemon EOL (CLO) exhibited inhibition zone of 10 mm meanwhile analytical CH, orange EOL (AOO) and commercial CH and orange EOL (COO) did not show antimicrobial effect.

For *St. aureus*, inhibition zones were above 12 mm with ALO and CLO, the higher diameter was for LEO (14 mm). AOO and COO did not show evidence of AA. Settani *et al.*, (2012) reported intermediate AA against *L. monocytogenes*, *St. aureus* and *S. enterica* with lemon and orange EOL. In contrast, Espina *et*

al., (2011) described lemon and orange EOL as inefficient compounds against *E. coli*, *St. aureus* and *Salmonella sp.* Inhibition zones for *Sc. Cerevisiae* were between 10 and 14 mm. The yeast showed susceptibility to ALO and CLO but any inhibition zone for AOO or COO. Viuda *et al* (2008) described lemon and orange EOL as effective against *A. niger* and, *A. flavus*, some food spoiler microorganisms. In this study, orange and lemon EOL showed evidence of AA against *Sc. Cerevisiae*. In general, LEO showed higher inhibition diameters than other treatments. NEO also showed AA against the studied microorganisms. However, combinations of CH with orange EOL appeared to be ineffective for all the four microorganisms. No differences were found in the AA between ACH and CCH. It is possible to confirm the antimicrobial effect of CH and lemon EOL coatings but AA was not found for orange EOL.

CONCLUSIONS

Intermediate AA was found for lemon and orange EOL in combination with CH. This effect can be improved by using higher concentrations of EOL. CH exhibit the AA reported in literature. There is an additive effect in CCH and LEO combination against the studied microorganisms. Coatings with CH and

lemon EOL are an alternative to prevent pathogen and spoiling microorganisms in food matrixes.

BIBLIOGRAPHY

- Bajpai, V. K., *et al.*, 2011. Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. Food Research International, In Press, Corrected Proof.
- Espina, L., *et al.*, 2011. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. Food Control, 22, 7.
- Goy, R.C., *et al.*, 2009. A review of the antimicrobial activity of chitosan. Polímeros, 19, 241-247.
- Sánchez-González, *et al.*, 2011. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. Postharvest Biology and Technology, 60(1), 57-63.
- Settanni, L., *et al.*, 2012. Inhibition of foodborne pathogen bacteria by essential oils extracted from citrus fruits cultivated in Sicily. Food Control, 26(2), 326-330.
- Vargas, M., *et al.*, 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. Postharvest Biology and Technology, 51(2), 263-271.
- Viuda-Martos, M., *et al.*, 2008. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon L.*), mandarin (*Citrus reticulata L.*), grapefruit (*Citrus paradisi L.*) and orange (*Citrus sinensis L.*) essential oils. Food Control, 19(12), 1130-1138.

Estudio del Proceso de Maduración de Plátano Dominic Hartón (*Musa Aab Simmonds*) por la Técnica de Impedancia Eléctrica.

Ripening Process Study of Dominico Horton Plantain (*Musa Aab Simmonds*) by Electrical Impedance Technique

JJ Alzate L.¹, Germán Giraldo G.³, Ángela Viviana Alzate C.², H. Correa¹

1 Laboratorio de Propiedades Térmicas y Eléctricas, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío.

2 Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío.

3 Laboratorio de Investigación de Diseño de Nuevos productos, Universidad del Quindío. ggiraldo@uniquindio.edu.co

Resumen. En este trabajo se estudió el proceso de maduración de frutos de plátano y su incidencia sobre la movilidad de las especies iónicas presentes en el medio celular. Para ello se tomaron muestras de plátano Dominic Hartón, las cuales fueron cosechadas y dispuestas para realizar medidas de impedancia eléctrica a 25°C en atmósfera de aire con una humedad relativa de 72%, como función del tiempo. Se realizaron medidas de impedancia eléctrica sobre las muestras a intervalos de tiempo de un día, durante siete días. En las muestras se realizó análisis bromatológico, para establecer la concentración de sólidos solubles. La evidencia experimental muestra que durante el proceso de maduración de plátano, se producen sustancias iónicas cuya concentración varía con el tiempo; diagramas de Nyquist contruidos a partir de mediciones de impedancia muestran

que la resistencia eléctrica es inversa a la concentración de sólidos solubles, mientras que la concentración de éstos cambia linealmente con el tiempo al variar la concentración de etileno (C₂H₄) y gas carbónico. Los resultados sugieren que el estado de maduración de los frutos en el tiempo, puede ser determinado por la simple medición de la resistencia eléctrica.

Palabras clave: Maduración, Plátano, °Brix, impedancia eléctrica.

Abstract. In this paper, the process of ripening plantain fruits and its impact on the mobility of the ionic species present in the cell medium was studied. To this end, samples were taken Dominico Horton, which were harvested and prepared for measurements of electrical impedance at 25 ° C in an air

atmosphere with a relative humidity of 72 %, as a function of time. Electrical impedance measurements on the samples at time intervals of one day, seven days were conducted. In samples compositional analysis was performed to establish the concentration of soluble solids. Experimental evidence shows that during the ripening process of plantain, ionic substances are produced whose concentration varies with time; Nyquist constructed from impedance measurements show that the electrical resistance is the inverse of the concentration of soluble solids, whereas the concentration of these changes linearly with time to vary the concentration of ethylene (C₂H₄) and carbon dioxide. The results suggest that the state of ripening of fruits in its time can be determined by simply measuring the electrical resistance.

Key words: *Maturation, banana, °Brix, electrical impedance.*

INTRODUCCIÓN

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, es considerado un producto básico y de exportación, fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. El plátano Dominico-Hartón al recolectarse contiene almidón, textura fuerte, es insaboro y astringente, su color verde se debe a la clorofila; durante la maduración esta se degrada y el almidón se transforman en glucosa, fructosa y aromas, (Arrieta A J. Ubaldo M. Barrera J L. 2006), (Palencia G.E., R. Gómez Santos, J.E. Martín. 2006), (Manejo sostenible del cultivo del plátano, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA). Estos parámetros permiten determinar el tiempo adecuado de cosecha mediante análisis físicos-químicos y/o bromatológicos (Duque A., Bohórquez Y. 2000), (Giraldo Giraldo, G., A.L. Duque, M.L. Jiménez. 2003). Mediante este trabajo se ha determinado que el estado de maduración e incremento de sólidos solubles, está correlacionado con los valores de resistencia eléctrica que cambian con el tiempo de maduración. La impedancia eléctrica es una medida de la oposición que encuentra la corriente eléctrica alterna (AC) al atravesar un medio. Esta propiedad está dada en función de la frecuencia del potencial aplicado y es una característica de cada sistema (Foster, K. and Schwan 1996). En materiales biológicos, por ejemplo, las bicapas dieléctricas de las células (membrana) y sus inherentes reactancias capacitivas son caracterizadas por la distribución de sus tiempos de relajación eléctrica. La respuesta dieléctrica de una célula heterogénea puede variar sustancialmente dependiendo del tipo de iones presente, y de las características y naturaleza de los electrodos. Un tejido biológico puede modelarse, desde un punto de vista estructural, como la agrupación de una serie de elementos denominados células, que están inmersas en un medio iónico

denominado medio extracelular. Así mismo, en el interior de la célula, medio intracelular donde tienen lugar los procesos metabólicos del sistema biológico existe una concentración de fluidos, tejidos e iones (Aránzazu Sanchis Otero 2009). Si bien las mediciones de impedancia muestran la presencia de iones o especies iónicas móviles, responsables de las corrientes eléctricas medidas, mediante las técnicas utilizadas en este trabajo, no es posible identificar químicamente dichas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de las muestras de plátano Dominico Hartón, cosechadas a 16 semanas de floración se realizó con base en las características de luminosidad, pluviosidad, condiciones topográficas y tipologías del suelo, en fincas del municipio de la Tebaida Quindío. A las muestras de gajos de plátano seleccionadas se les efectuaron medidas de impedancia eléctrica utilizando electrodos plano-paralelos de oro, en atmósfera de aire. Los diagramas de Nyquist obtenidos, mostraron consistencia y reproducibilidad y una actividad electroquímica casi nula. Simultáneamente se efectuaron estudios de los procesos físico-químicos de las muestras, tomando análisis bromatológico de éstas, con lo cual se evidenciaron cambios en la concentración de los sólidos solubles como función del tiempo de cosechado. Para la toma de medidas de impedancia, se colocaron las muestras en un multifrecuencímetro HIOKI 3532-50, con disponibilidad de barrido en frecuencia desde 50 Hz. hasta cinco MHz, con un voltaje de 100 mV y una separación entre las placas de los electrodos de 1 mm. Se censó la impedancia eléctrica a intervalos de tiempo de un día, este parámetro de tiempo fue tomado como estándar después de las pruebas iniciales, al observar que a intervalos de tiempo más pequeños se presentaba un alto estrés debido a que los electrodos perforaban notablemente las muestras. Las curvas de impedancia eléctrica obtenidas se modelaron a través de circuitos equivalentes y fueron analizados utilizando la aplicación Zview2 y ajustados usando la aplicación Origin 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestran las curvas de las mediciones de impedancia eléctrica. Se observa una sistemática disminución de la resistencia con el tiempo y con el aumento en la concentración de sólidos solubles. De los diagramas de Nyquist se obtuvieron los valores de resistencia eléctrica con respecto al tiempo de maduración y a la frecuencia de excitación del campo eléctrico aplicado.

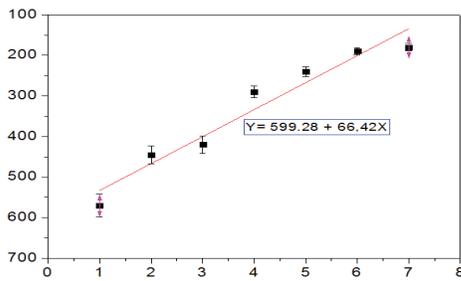


Figura 1. Curvas de las medidas de impedancia eléctrica.

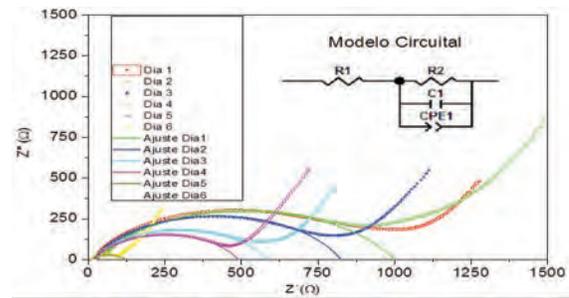


Figura 2. Resistencia eléctrica en función del tiempo de maduración

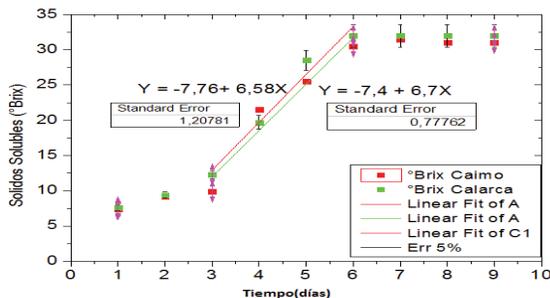


Figura 3. Sólidos solubles en función del tiempo de maduración

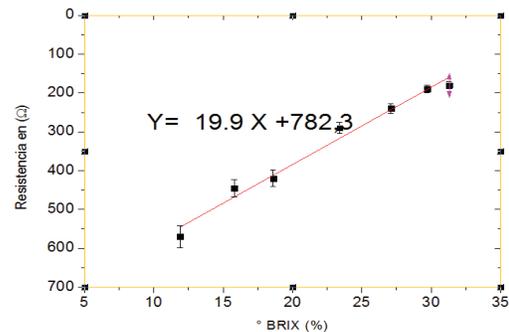


Figura 4. Resistencia eléctrica en función de los Sólidos solubles

Se aprecia que a bajas frecuencias hay una tendencia al aumento en la componente imaginaria de la impedancia, la cual se asocia con bloqueo de las especies iónicas en los electrodos. Se presenta también un achatamiento de las curvas, que se atribuye a procesos de difusión dispersiva de las especies iónicas en el volumen de la muestra. La intersección de las líneas sólidas con el eje real, que corresponden a las curvas de ajuste, proporcionan los valores de resistencia eléctrica que cambian sistemáticamente con el tiempo de toma de las medidas y por tanto con el tiempo de maduración. Para determinar el valor de la resistencia eléctrica, se utiliza el modelo circuital con el que se realizaron los mencionados ajustes, notándose que hay una resistencia R1 en serie con otra resistencia R2, la cual está en paralelo con un par de condensadores C1 y CPE1, el último de fase constante. Como puede observarse a bajas frecuencias, la resistencia eléctrica medida, está dada en el orden de los ohmios (Ω), notándose una disminución en sus valores con respecto al tiempo de maduración de los frutos.

En la Figura 2, se presenta el comportamiento de la resistencia eléctrica en función del tiempo de maduración. La línea continua corresponde a ajustes efectuados con la aplicación Origin V 8.0. Los valores experimentales de resistencia eléctrica

fueron obtenidos de los diagramas de Nyquist.

En La Figura 3, se muestra la relación de los sólidos solubles en función del tiempo, Los análisis físico-químicos muestran que los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en función del tiempo de maduración no presentan diferencias en muestras cosechadas en dos fincas de la región, a diferentes pisos térmicos. Lo cual sugiere que los procesos bioquímicos asociados con la maduración son independientes del lugar geográfico del cultivo.

En la Figura 4, se muestran valores de la resistencia eléctrica relacionados con los sólidos solubles. Se presenta una sistemática disminución de la resistencia eléctrica a medida que los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) aumentan.

El análisis de los datos muestra que durante el proceso de maduración del plátano se producen sustancias iónicas cuya concentración cambia con el tiempo, encontrándose que la resistencia eléctrica, es inversamente proporcional a la concentración de sólidos solubles totales (grados $^{\circ}$ Brix) que se producen en función del tiempo. Se presenta la ecuación $Y = 19X + 782.38$ que determina en procesos no destructivos los sólidos solubles de la muestra analizada.

CONCLUSIONES

Medidas de impedancia eléctrica en frutos de plátano, muestran que la resistencia eléctrica es inversamente proporcional al tiempo de cosechado de las muestras y los análisis de los grados Brix muestran que la concentración de sólidos solubles es directamente proporcional al tiempo de maduración, con lo cual se infiere que la resistencia eléctrica es inversamente proporcional a la concentración de sólidos solubles. Mediante éste proyecto, se ha desarrollado una técnica no destructiva para evaluar el estado de maduración de frutos de plátano a través de la medida de la resistencia eléctrica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad del Quindío (proyecto 626), por su apoyo económico, al Laboratorio de pos-cosecha por la realización de los análisis bromatológicos y al laboratorio de nanoestructuras y materiales magnéticos, por la toma de medidas de impedancia eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aránzazu-Sanchis, O. 2009. Aplicación de la Dielectroforesis a la Caracterización Dieléctrica de Células, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense, Madrid España.
- Arrieta A J. Ubaldo M. y J L. Barrera. 2006. Caracterización físico-química del proceso de maduración del plátano Papocho' (Musa ABB Simmonds) 24(1), 48-53.
- Duque A. y Y. Bohórquez. 2000. Modelo para la determinación de pérdidas pos-cosecha del plátano Dominico-Hartón (Musa ABB Simmonds) Producido en el Departamento del Quindío. Poscosecha y Agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Corpoica, Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de cafeteros del Quindío, COLCIENCIAS, Fudesco, Armenia, p. 153-158.
- Foster, K. and Schwan. 1996. Dielectric Properties of tissues. In Polk, C.A. (Ed) Handbook of Biological Effects of Electromagnetics Fields. Boca Raton: CRC Pres, p. 25-102.
- Giraldo, G., A.L. Duque y M.L. Jiménez. 2003. Comportamiento físicoquímico y enzimático en la poscosecha del plátano dominico hartón (Musa ABB simmonds) en estado verde". En Colombia Revista De Investigaciones Universidad Del Quindío.
- Palencia G.E., R. Gómez Santos y J.E. Martín. 2006. Manejo sostenible del cultivo del plátano, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Perfil Cromatográfico y Actividad Antimicrobiana del Aceite Esencial en la Planta Cruz de Mayo

Chromatographic Profile and Antimicrobial Activity of Essential Oil Plant in Maypole

Piedrahita Márquez David Guillermo¹; Quijano Celis Clara Elizabeth²; Vanegas Maria Consuelo³

1 Químico, Universidad de los Andes. Estudiante de Maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos e Investigador del laboratorio de productos carnicos del ICTA, Universidad Nacional De Colombia, Sede Bogotá dg.piedrahita63@uniandes.edu.co, dgpiedrahitam@unal.edu.co 2Grupo de Química de Aromas y Ciencias agroalimentarias. Departamento de Química. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 3Laboratorio de Ecología Microbiana y de Alimentos – LEMA. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Resumen. Con el fin de encontrar nuevas fuentes de aceites esenciales con aplicaciones antisépticas en la industria alimentaria, se efectuó la extracción del aceite esencial de la planta *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O, se elucidó su composición y se sometió a pruebas antimicrobianas contra patógenos presentes en alimentos. Se observó que el aceite esencial es rico en sesquiterpenos. También se visualizó que el aceite esencial presentó una moderada actividad biológica frente a las cepas bacterianas Gram positivas

Palabras clave: Aceites esenciales, antimicrobianos, bacterias patógenas alimentos.

Abstract: In order to find new sources of essential oils with antiseptic applications in the food industry, the extraction of essential oil of *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O was conducted. Plant composition was elucidated and subjected to antimicrobial testing against pathogens in food. It was

observed that the essential oil is rich in sesquiterpenes. It is also envisioned that the essential oil showed a moderate biological activity against Gram-positive bacterial strains.

Key words: Oil, antimicrobial, food pathogenic bacteria.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales, son mezclas líquidas de lípidos apolares, lípidos, normalmente con coloración leve a incolora, presentan olor fuerte y una nota olfativa alta. Se caracterizan por presentar composición variada como hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, lactonas, cumarinas e isómeros de fenil propanoides (Dorman y Deans, 2000). La utilidad de estas sustancias yace en el efecto alelopático. Además presentan propiedades antiparasitarias, antisépticas y antimicóticas, esto hace que los aceites

tengan aplicación en la industria farmacéutica, agrícola, en perfumería, en cosmetología y en la industria alimenticia. El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química del aceite esencial extraído de las hojas de *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O procedentes del cerro de la Juaica (Cundinamarca-Colombia) por medio de la técnica GC-MS. A su vez se sometió a pruebas antimicrobianas contra diferentes cepas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de aceites esenciales por hidrodestilación (HD). Se pesaron 100 g de hojas en un balón con una capacidad de 3 L, se le agregó 1 L de agua, se conectó el balón a la trampa de Clevenger y ésta a un refrigerante con agua a una temperatura no superior a los 4 °C. La muestra se calentó hasta ebullición y el tiempo de extracción fue de 3 horas. Se separó la fase orgánica y luego se le agregó Na₂SO₄ anhidro. Posteriormente el aceite se dejó bajo congelación hasta el momento de la inyección (Bastos *et al.*, 2006). En el análisis de los extractos se usó un cromatógrafo HP 6890 GC Series II (Agilent Technologies, California EE.UU), acoplado a un detector selectivo de masas HP-5973. La temperatura del inyector y del detector se mantuvo a 220 °C, con una relación de caudal (*Split/splitless*) de 1:10 y el volumen de inyección fue de 0,2 µL. El programa de temperatura fue el siguiente: Se mantuvo por 4 min a 70 °C, luego se incrementó a razón de 4 °C/min hasta 220 °C y se mantuvo ahí por 10 minutos. Como gas de arrastre se usó helio a 1 mL/min y como gas auxiliar nitrógeno a 30 mL/min. En las mismas condiciones se inyectó una mezcla de parafinas C₈ a C₃₂ con el fin de calcular los índices de Kovats, el detector operó en modo de ionización electrónica a 70 eV por 1,8 scan/s y con la fuente a 230 °C. La detección se realizó en modo *scan* entre 35 y 400 uma.

Ensayos sobre actividad antimicrobiana de los aceites esenciales. Se utilizaron 46 cepas de bacterias aisladas de alimentos y heces de neonatos colombianos. 30 cepas de *E. coli*. Once cepas de *Listeria monocytogenes*; Dos cepas de *Salmonella sp.*, una de *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 una *Staphylococcus aureus*, multiresistente y una de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145. Para el análisis se realizó la prueba de difusión en disco. Ajustando las cepas al patrón de McFarland 0,5 para la siembra por el método de Kirby-Bauer, poniéndose en contacto con discos de papel de filtro impregnados con 8 µL de aceite. Las cajas se incubaron por 24 horas a la temperatura óptima de crecimiento, en el caso de la *Pseudomonas aeruginosa* a 25 ± 2 °C; *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella sp.* a 35 ± 2 °C. Se observó la presencia del halo (Gaviria *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se aprecian los constituyentes mayoritarios de la muestra con su respectivo porcentaje, Con el fin de facilitar la comparación por grupo funcional, en la Figura 1 se representan los porcentajes a 3 horas de extracción. Se identificaron 51 constituyentes. De estos 27 fueron monoterpenos 15 de ellos oxigenados, 20 sesquiterpenos de estos 7 son oxigenados y 4 constituyentes de composición variada. Los constituyentes mayoritarios que se encontraron fueron los sesquiterpénicos sencillos, solo el α-bisabolol fue oxigenado. Los sesquiterpenos predominan sobre los demás compuestos constituyendo el 77%. Se puede afirmar que el aceite esencial mostró un actividad moderada frente *Staphylococcus aureus* CAMP así como contra *Salmonella enteritidis* ATCC. Con respecto a las otras cepas no hubo actividad biológica debido a la existencia de una capa hidrofílica de peptidoglicano (Nada *et al.*, 2005). Este aceite mostró actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* CAMP debido al α-bisabolol, capaz de inhibir la actividad de la enzima lipasa (Kuroda *et al.*, 2007). Con respecto a la cepa de *Salmonella enteritidis* ATCC aquí el sinergismo entre monoterpenos es responsable de muerte bacteriana (Nada *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

El aceite esencial de *M. parvifolia* obtenido se caracteriza por presentar un alto contenido de sesquiterpenos representados por más del 75 % de la composición total y tienen como compuesto mayoritario el α-bisabolol. Este compuesto junto con otros monoterpenos y sesquiterpenos posiblemente contribuyen a la inhibición de actividad antimicrobiana contra el *Staphylococcus aureus* CAMP y de *Salmonella enteritidis* ATCC 13076.

Tabla 4. Constituyentes mayoritarios del aceite en los 3 tiempos de extracción.

Compuesto	IR _(Exp)	IR _(T)	Porcentaje
			(3h)
α-bisabolol	1742	1686	35,93
α-zingibereno	1521	1494	12,98
β-bisaboleno	1533	1506	8,75
β-acoradieno	1496	1471	3,02
ar-curcumeno	1503	1481	6,89
α-trans-bergamoteno	1446	1435	5,35

IR_(Exp) e IR_(T): Índices de retención experimental y teórico para una columna cromatográfica con fase HP- 5Ms.

Figura 1. Porcentaje de los compuestos identificados por grupo funcional a 3 horas de extracción por HD.

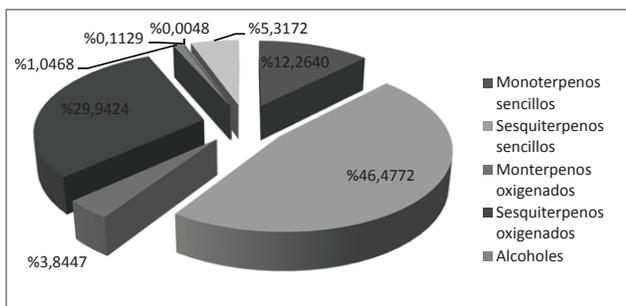


Tabla 2. Actividad antibacteriana del aceite esencial de la planta *Myrica parvifolia* (Benth).

Cepa Bacteriana	Sensibilidad	Diámetro(mm) halo de inhibición
<i>E. coli</i>	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC	+	9
<i>Salmonella</i> sp	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> CAMP	+	10

+: Sensible, -: No hay actividad

BIBLIOGRAFÍA

- Bastos, D., A. Fornari, Y. Queiroz and E. Torres. 2006. Bioactive compounds content of chimarrão infusions related to the moisture of yerba maté (*Ilex Paraguariensis*) leaves. *Brazilian archives of biology and technology* 49(3): 399-404.
- Dorman, D. H and S. Deans. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88(2): 308-316.
- Gaviria, M., C. Quijano, J. Pino and S. Madriñan. 2011. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of

Drimys granadensis L.f. Leaves from Colombia. *Chemistry and Biodiversity* 8(3): 532-539.

Kuroda, M., S. Nagasaki, R. Ito and T. Ohta. 2007. Sesquiterpene farnesol as a competitive inhibitor of lipase activity of *Staphylococcus aureus*. *FEMS Microbiology Letters* 273(1): 28-34.

Nada, B., S. Mirjana and D. Valerija. 2005. Phytochemical composition and antimicrobial activity of *Satureja montana* L. and *Satureja cuneifolia* Ten. *Essential oils. Acta Botanica Croatica* 64(2): 313-322.

Identificación de Microorganismos Patógenos en Canales Bovinas en una Planta de Sacrificio

Identification Microorganisms in Bovine Channels in one Plant of Sacrifice

Lida Yaneth Maldonado M¹; Luz Alba Caballero P; Yohanna Maldonado O.

1 Profesor Titular, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Departamento de Alimentos, Grupo de Investigación en Recursos Naturales, Universidad de Pamplona, Sede Pamplona, Norte de Santander. lymaldonadom@gmail.com,

Resumen. La carne por su gran cantidad de nutrientes es un medio ideal para el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. El objetivo de esta investigación fue identificar la presencia de microorganismos patógenos en canales de bovinos sacrificados en la planta Municipal de la ciudad de Pamplona, Colombia. Se utilizó una metodología diagnóstica microbiológica según la NTC 4574 (ICONTEC, 2007) y el desarrollo de un muestreo no destructivo. Los resultados indicaron al emplear métodos microbiológicos tradicionales se encontró presencia de coliformes totales pero no de *Salmonella* sp., lo cual evidencia que a pesar de los controles establecidos por esta planta de sacrificio hay presencia de microorganismos patógenos.

Palabras clave: Canal bovina, microorganismo, patógeno.

Abstract. By its great amount of nutrients, meat is an ideal medium for the growth of most micro-organisms. The objective of this study was to identify the presence of pathogenic microorganisms in bovine carcasses from animals slaughtered in the Municipal plant of the city of Pamplona, Colombia. A microbiological diagnostic methodology according to the NTC 4574 and the development of non-destructive sampling was used. The results indicated presence of total coliforms but not *Salmonella* sp., by employing traditional microbiological methods. It evidences that despite the controls established by this slaughterhouse is the presence of pathogenic microorganisms.

Key words: Bovine carcass, pathogenic microorganism.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano, está regulada mediante el Decreto 1500 de 2007 y sus diferentes modificaciones. En la semana 44 del año 2013 se reportó en Colombia una tasa nacional de 0,20 casos confirmados para *Salmonella typhi* por cada 100.000 habitantes (INS, 2013). La Industria de Producción de Carne es un sector importante en el país, representa el 1,8% de la producción bruta generada por el total de la industria manufacturera nacional y el 6,8% de la industria de alimentos. Genera alrededor de 10.000 empleos directos al año y abastece con producción nacional el consumo interno. Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) se consideran como uno de los principales problemas de Salud Pública en el mundo. Según González y Rojas, (2005) su incidencia se relaciona con deficiencias higiénico-sanitarias de los alimentos durante su procesamiento, o por el uso de materia prima contaminada. La contaminación de las canales que ocurre durante la faena, es indeseable; la fuente primaria de contaminación proviene del mismo animal, en el que pueden habitar bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, que son conocidas como una amenaza para la salud del consumidor. (Triveldi *et al.*, 2007). Para la identificación de los microorganismos se puede utilizar el medio selectivo agar Xilosa-Lisina-Tergitol4 (XLT4), en el que la degradación de los carbohidratos presentes en el medio (xilosa, lactosa y sacarosa) genera la producción de ácido haciendo virar el indicador (rojo fenol) de rojo a amarillo. La lisina se incluye para aumentar la diferenciación de los microorganismos pertenecientes al género *Salmonella*, ya que sin la lisina estos microorganismos rápidamente fermentan la xilosa produciendo la acidificación del medio y no se pueden diferenciar de otras especies no patógenas. Como la cantidad de este carbohidrato es limitada, una vez que estos microorganismos lo consumen,

comienzan a utilizar la lisina lo cual produce la alcalinización del medio; este hecho se evidencia porque el rojo fenol nuevamente vira a un color rojo. En el caso de los coliformes lisina positiva, para prevenir la alcalización del medio por la utilización de la lisina, se incorpora en el medio un exceso de lactosa y sacarosa. El objetivo de este estudio fue identificar la presencia de microorganismos patógenos mediante análisis microbiológicos a las canales de bovinos sacrificados en la planta Municipal de la ciudad de Pamplona, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de este estudio se realizó en la planta de sacrificio "Matadero Municipal" de Pamplona, Colombia. Se muestrearon bovinos en canal, provenientes de diferentes regiones de Norte de Santander. Las pruebas de laboratorio y el análisis microbiológico se realizaron en los laboratorios de microbiología de la Universidad de Pamplona. La toma de muestras se realizó transcurrida media jornada de sacrificio. En esta planta se sacrifican mensualmente en promedio 600 cabezas de ganado bovino. En un intermedio de dos semanas se seleccionaron al azar 15 carcasas, siendo unas muestreadas en vientre, otras en lomo y por último en pierna; este procedimiento fue realizado por duplicado (30 muestras) en cada visita. Para el muestreo y colección de las muestras en las canales bovinas se empleó el método no destructivo de arrastre sobre la piel de las carcasas con hisopos estériles (dos por muestra). Los hisopos se humedecieron durante cinco segundos antes de la toma de muestras empleando una solución estéril de Agua Peptonada Tamponada (APT). Posteriormente se tomaron muestras superficiales del lomo, vientre y pierna de las carcasas, aplicando la mayor presión posible y frotando con el hisopo 10 veces verticalmente (de arriba hacia abajo) y luego 10 veces horizontalmente (derecha a izquierda). Las muestras se recogieron en tubos tapa rosca con 10 mL de ATP y se homogenizaron mediante agitación como se muestra en la Figura 1. Las asas fueron desinfectadas en cada proceso para evitar contaminación ambiental. Se procedió a dividir las muestras recolectadas en dos grupos de 15 tubos cada uno. El primer

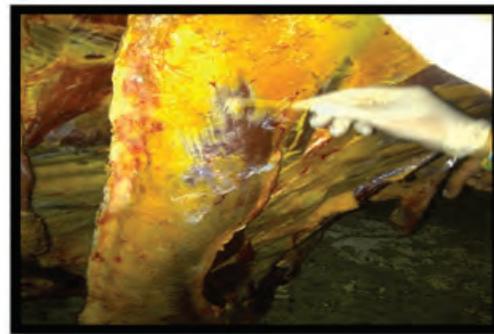
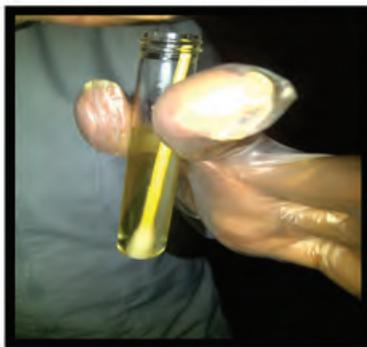


Figura 1. Población bajo estudio. Toma de muestras.

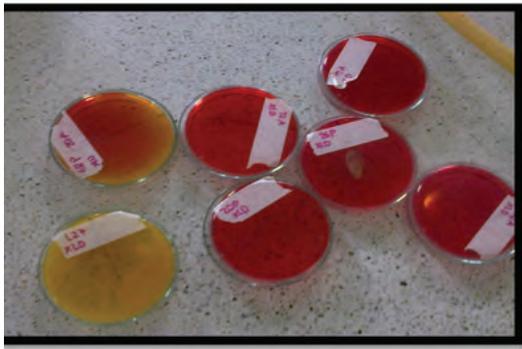


Figura 2. Placas con viraje de color por presencia de coliformes totales.

grupo se incubó a 37°C y el segundo a 44°C, ambas durante 24 horas. Posteriormente, a partir de los tubos que se encontraban incubados a 44°C, se transfirió 1 mL de la solución a un tubo con 9 mL de Caldo de enriquecimiento Rapaport-Vassiliadis (RVS) y se incubaron a 44°C durante 24 horas. A partir de los tubos incubados a 37°C se extrajo 1 mL y se depositó en un tubo con 9 mL de Caldo Tetrionato (TTO), posteriormente se incubó a 37 °C durante 24 horas. Una vez se finalizó el enriquecimiento se procedió a la agitación de los tubos de RVS, TTO, se introdujo el asa redonda en el interior de estos tubos y tomando abundante inóculo se sembró por agotamiento sobre Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Xilosa Lisina Tergitol (XLT4). Este procedimiento se realizó de igual forma para cada muestreo realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del tiempo de incubación, el viraje (amarillo claro a un tono más opaco) de los caldos de enriquecimiento así como la turbidez que se observó, indicaron la presencia de bacterias y por consiguiente la posible presencia de *Salmonella* sp en cada muestra (vientre, lomo y pierna). En los tubos con caldo de enriquecimiento no se observó cambio en el color de los medios, como tampoco turbidez que indicara la presencia de *Salmonella* sp. No se encontraron colonias con características específicas para el género *Salmonella* sp. Por tanto no se continuó con el protocolo de aislamiento para este microorganismo. Este resultado indicó la ausencia de *Salmonella* sp. en las canales de bovino analizadas del matadero municipal de Pamplona, resultados similares se obtuvieron en un frigorífico de Bogotá donde realizaron muestreos con canales bovinas dentro del proceso de faenado durante 7 días. (Valencia y Acero., 2013). Algunas de las siembras realizadas presentaron viraje en el medio (Agar Xilosa Lisina

Tergitol (XLT4)) de color rojo a color amarillo (ver Figura 2), indicando la presencia de coliformes totales en las canales de bovino analizadas del matadero municipal de Pamplona, los cuales son microorganismos que fermentan la lactosa, con producción de ácido y gas provocando el cambio de viraje en el color del medio de cultivo (ICONTEC, 2007).

CONCLUSIONES

Se evidenció la presencia de coliformes totales, mediante el viraje en el medio (Agar Xilosa Lisina Tergitol (XLT4)) de color rojo a color amarillo y ausencia de *Salmonella* Sp en las canales de bovino analizadas en el matadero municipal de Pamplona al utilizar métodos tradicionales de siembra. Se recomienda realizar estudios de identificación con método más sensibles que permitan garantizar la confiabilidad de los resultados respecto a la presencia y/o ausencia de *Salmonella* spp. en las muestras analizadas, así como la necesidad de establecer una frecuencia de evaluación microbiológica de presencia de patógenos en las canales bovinas, evaluar sustancias orgánicas para la desinfección de las canales y disminuir la carga microbiológica a nivel de plantas de sacrificio con el fin de dar cumplimiento a la normativa legal vigente.

BIBLIOGRAFÍA

- González, F.T., H. Rojas y A. Rafael. 2005. Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. *Salud Pública de México* 47 (5): 388-390.
- ICONTEC, 2007. *Microbiología de Alimentos y Alimentos para Animales. Método Horizontal para la Detección de Salmonella SPP*, (NTC 4574). Bogotá.
- Instituto Nacional de Salud (INS). 2013. *Semana Epidemiológica* 44, Colombia. 22 p.
- Trivedi, S., A.E. Reynolds and J. Chen 2007. Use of a commercial household steam cleaning system to decontaminate beef and hog carcasses processed by four small or very small meat processing plants in Georgia. *Journal of food protection* 70 (3): 635-640.
- Valencia, V. y V. Acero. 2013. Comparación del ácido láctico, ácido peroxiacético e hipoclorito de sodio en la desinfección de canales bovinas en un frigorífico de Bogotá, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. (26): 13 – 23.

Evaluación Microbiológica de Quesos Cuajo Artesanales e Industriales Comercializados en la Ciudad de João Pessoa, Paraíba – Brasil

Microbiological Assesment of the Curd Type Cheese Handcraft and Industrial Commercialized in the City of João pessoa, paraíba – Brazil

Almeida, C.C.¹; Santos, L. M.¹; Ferreira Neto; J.C.², Holanda, D.H.³

1 Estudiante de Grado del curso de Ingeniería de Alimentos, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba – Brasil, Sede João Pessoa Ita@ct.ufpb.br

2 Ingeniero de Alimentos, M.Sc Ingeniería Agrícola, Universidad Federal de Campina Grande, Técnico del Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Federal da Paraíba – Brasil, Sede João Pessoa Ita@ct.ufpb.br

3 Catedrática Asociado 2, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, Brasil, Sede João Pessoa heleholanda@ig.com.br

Resumen. Se evaluó la calidad higiénico-sanitaria de 15 muestras de queso Cuajo artesanal e industrial precocinado procedentes de ciudades del “sertão” de Paraíba (región ubicada en el interior de Paraíba, estado de la región nordeste de Brasil) y vendidos en mercados callejeros y supermercados de la ciudad de João Pessoa (capital de Paraíba). Se detectaron altos recuentos de coliformes totales y coliformes fecales en el 92% de las muestras procedentes de los mercados callejeros y la presencia de estafilococos coagulasa positiva en el 17% que no cumplen las normas microbiológicas de la legislación brasileña; esto los clasificando como quesos impropios para el consumo, a diferencia de las muestras de queso Cuajo industrial que no presentaron recuento alguno.

Palabras clave: Microorganismos patógenos, productos lácteos, micro fabricación de queso.

Abstract. The hygienic quality of 15 samples of handcraft and industrial precooked Cuajo cheese from Paraíba cities (located in the interior region of Paraíba state in the northeast region of Brazil) and sold in street markets and supermarkets was evaluated city of João Pessoa (Paraíba capital). High counts of total coliforms and fecal coliforms in 92% of samples from street markets and the presence of coagulase-positive staphylococci in 17% who do not satisfy the microbiological standards given by the Brazilian law, classifying them as inappropriate cheeses for consumption, unlike industrial cheese samples that did not show any count.

Key words: Pathogens, dairy products, cheese micro-manufacturing.

INTRODUCCIÓN

Entre los derivados lácteos, el queso se destaca por su composición y su alto contenido en proteínas. Con el avance tecnológico en la producción, surgieron en el ámbito nacional nuevas variedades de queso, siendo el de Cuajo una variedad regional. En el Noreste de Brasil el queso de Cuajo está

muy extendido y su fabricación es una actividad económica importante en el ámbito social por ser ejercida por pequeñas y medianas fábricas de queso (Borges *et al.*, 2003; Perry, 2004). Como está hecho de forma artesanal, por personas inexpertas sin los cuidados adecuados, se queda sujeto a la contaminación de diversos microorganismos a razón de la falta de las Buenas Prácticas de Fabricación, lo que compromete no sólo la calidad del producto como la seguridad de la salud del consumidor (Freitas Filho, 2007).

Estudios relacionados con la calidad microbiológica del queso Cuajo describieron la presencia de microorganismos patógenos y el alto recuento de microorganismos deterioradores, a veces alcanzando valores superiores a los máximos especificados por la legislación. La *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *Satapylococcus aures* son las que se destacan entre las bacterias patógenas conocidas (Calcante *et al.*, 2007; Feitosa *et al.*, 2003).

Se han detectado con frecuencia la presencia de altos recuentos de microorganismos del grupo coliformes en queso Cuajo artesanal, lo que sugiere que la producción haya sido realizada en condiciones inadecuadas de higiene. Además, la forma de su comercialización, con frecuencia sin el uso de instalaciones, envases y temperaturas adecuadas que garanticen un apropiado acondicionamiento, es otro factor que contribuye al aumento de la carga microbiana del producto. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la calidad microbiológica de los quesos artesanales e industriales disponibles en mercados callejeros y supermercados de la ciudad de João Pessoa/ PB - Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron un total de 15 muestras de queso Cuajo precocinado artesanal e industrial, 12 (doce) de ellas procedentes de 04 (cuatro) mercados callejeros (A, B, C y D)

y seleccionadas en 03 (tres) locales distintos, y otras 03 (tres) obtenidas en supermercados de barrios de la ciudad de João Pessoa. Las muestras fueron manipuladas por los comerciantes de los locales, acondicionadas en cajas de poliestireno con hielo, trasladadas al Laboratorio de Tecnología de Alimentos - LTA del Centro de Tecnología (CT) de la Universidade Federal da Paraíba, y luego, almacenadas bajo refrigeración hasta la realización de los análisis. Las muestras fueron evaluadas por su contenido en humedad (estufa a 105° C) para clasificar el grado de humedad de los quesos, los recuentos de coliformes totales y coliformes fecales (UFC/g), *Escherichia coli* y estafilococos coagulasa positiva, siguiendo el método de la siembra descrito por Silva, Junqueira e Silveira (1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las doce muestras de queso Cuajo artesanal precocinado recogidas en mercados callejeros, siete (58%) mostraron niveles de entre 36,0 a 45,9% de humedad, clasificándolas como de mediana humedad; las cinco restantes (42%) presentaron niveles de 46,0 a 54,9%, clasificándolas como de alta humedad. Mientras que el 100% (tres) de las muestras de queso Cuajo industrializado precocinado presentaron los niveles de entre 47,7 a 50,53% de humedad, lo que las clasifican como quesos de alta humedad de acuerdo con la legislación. En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos de los quesos de Cuajo precocinado artesanal e industrial, de mediana y alta humedad respectivamente, comercializados en mercados callejeros y supermercados en la ciudad de João Pessoa.

Tabla 1. Caracterización Microbiológica de los quesos de Cuajo precocinado artesanal de mediana humedad comercializados en mercados callejeros de la ciudad de João Pessoa.

Muestras	Coliformes a 35°C (UFC/g)	Coliformes a 45°C (UFC/g)	Estafilococos Coagulasa Positiva (UFC/g)	Escherichia Coli (NMP/g)
A1	9,8 x 105	9,8 x 105	Ausencia	E.coli Atípica
B1	8,5 x 105	8,5 x 105	Ausencia	E.coli Atípica
B2	2,1 x 105	2,1 x 105	3,0 x 105	Ausencia
B3	3,2 x 104	3,2 x 104	Ausencia	Ausencia
C1	8,9 x 103	8,9 x 103	Ausencia	Ausencia
D1	5,0 x 104	5 x 104	Ausencia	Ausencia
D3	4,0 x 104	4 x 104	Ausencia	Ausencia
ESTÁNDAR*	Máx. 5,0 x 103	Máx. 5,0 x 102	Máx. 103	Ausencia

Todas las muestras de queso de mediana humedad evaluadas mostraron recuentos de coliformes totales y coliformes fecales

por encima del establecido por la ley vigente (Brasil, 2001, 1996), y se confirmó la presencia de *Escherichia coli* en 29% y Estafilococos en 8% de las muestras (Tabla 1), en desacuerdo con la ley vigente (Brasil, 2001, 1996).

Tabla 2. Caracterización Microbiológica de los quesos de Cuajo precocinados de alta humedad comercializados en mercados callejeros y supermercados de la ciudad de João Pessoa.

Mercados callejeros/ Supermercados	Coliformes a 35°C (UFC/g)	Coliformes a 45°C (UFC/g)	Estafilococos Coagulasa Positiva (UFC/g)	Escherichia Coli (NMP/g)
A2	2,7 x 106	2,7 x 106	3,0 x 105	Ausencia
A3	4,2 x 104	4,2 x 104	Ausencia	Ausencia
C2	1,78 x 106	1,78 x 106	Ausencia	Ausencia
C3	6,0 x 103	6,0 x 103	Ausencia	Ausencia
D2	2,0 x 10 ²	2,0 x 10 ²	Ausencia	Ausencia
E	2,3 x 10	2,3 x 10	Ausencia	Ausencia
F	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
G	9,2	9,2	Ausencia	Ausencia
ESTÁNDAR*	Máx. 104	Máx. 5 x 103	Máx. 103	Ausencia

De las cinco muestras de queso Cuajo artesanal de alta humedad (Tabla 2), tres de los mercados callejeros (A2, A3 e C2) mostraron recuentos de coliformes totales y coliformes fecales, y la C3 confirmó solamente la presencia de coliformes fecales, todas con recuentos por encima del establecido por ley (Brasil, 2001, 1996). Apenas la muestra A2 dio positivo en Estafilococos no respondiendo así a la legislación. En cuanto a las muestras de los supermercados todas cumplieron con los estándares establecidos por la ley vigente. Los estudios realizados en quesos de Cuajo artesanales reportaron altos recuentos de coliformes totales, coliformes fecales, ocurrencia de Estafilococos coagulasa positiva y confirmación de *Escherichia coli* (Feitosa *et al.*, 2003; Santana *et al.*, 2008). Altos recuentos de estos microorganismos indican la falta de higiene con la materia-prima y/o procesamiento, pasteurización inapropiada y el manejo inadecuado durante la comercialización.

CONCLUSIONES

El alto recuento de coliformes totales y fecales en muestras de queso Cuajo artesanal de los mercados callejeros indica falta de higiene y de seguridad alimentaria, haciéndolos no aptos para el consumo por incumplimiento de las normas microbiológicas de la legislación brasileña vigente. Por lo tanto, se hace necesario la capacitación de las micro y pequeñas fábricas de queso en las Buenas Prácticas de Fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Borges, M.F., T. Feitosa, R.T. Nassu, C.R. Muniz, E.H.F. Azevedo e E.A.T. Figueredo. 2003. Microrganismos patogênicos e indicadores em queijos de coalho produzido no estado do Ceará/Brasil. Boletim do CEPPA. 21 (1): 31-40.
- Brasil. 1996. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07.03.96. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Cavalcante, R.M.R. 2007. Processamento do queijo coalho regional empregando leite pasteurizado e cultura láctica endógena. Ciências e Tecnologia de Alimentos. 27: 205-214.
- Feitosa, T., M.F. Borges e R.T. Nassu. 2003. Pesquisa de *salmonella sp.* *Listeria sp.* E microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijos produzidos no estado do Rio Grande do Norte. Ciências e Tecnologia de Alimentos, Campinas. 23 (3):162-165.
- Freitas Filho, J. R. 2007. Condições higiênico-sanitárias e a qualidade físico-química e microrbiologica de queijos comercializados na cidade de Garanhuns/PE. Recursos não renováveis.1-2p. In Anais. 47º Congresso Brasileiro de Química. Associação Brasileira de Química. Rio Grande do Norte.
- Santana, R.F., D.M. Santos, A.C.C. Martinez e A.S. Lima. 2008. Qualidade microbiológica de queijo-coalho comercializado em Aracaju, SE. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia. 60 (6): 1517-1522.
- Perry, K.S.P. 2004. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. Química Nova, 27 (2): 293-300.

Caracterización Físicoquímica y Elucidación de los Constituyentes Volátiles Del Aceite Esencial de *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O

Physicochemical characterization and elucidation of the Volatile Constituents of Essential Oil from Myrica parvifolia (Benth.) Parra-O

Piedrahita Márquez David Guillermo¹; Quijano Celis Clara Elizabeth²

1 Químico, Universidad de los Andes. Estudiante de Maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos e Investigador del laboratorio de productos cárnicos del ICTA, Universidad Nacional De Colombia, Sede Bogotá dg.piedrahita63@uniandes.edu.co, dgpiedahitam@unal.edu.co

Resumen. Con el fin de encontrar nuevas fuentes de aceites esenciales con aplicaciones antisépticas en la industria alimentaria, se efectuó la extracción del aceite esencial de la planta *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O, se elucidó su composición y se pudo observar que el aceite esencial es rico en sesquiterpenos. A su vez se desarrolló una caracterización físicoquímica de los compuestos, las pruebas mostraron que la mezcla tiene el comportamiento de un aceite fluido y que es poco susceptible a la rancidez.

Palabras clave: Cruz de Mayo, sesquiterpenos, densidad, índice de refracción, índice de acidez, porcentaje de ácidos grasos libres.

Abstract: In order to find new sources of essential oils with antiseptic applications in the food industry, the extraction of essential oil of *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O was performed. Plant composition was elucidated and it was observed that the essential oil is rich in sesquiterpenes. In turn a physicochemical characterization of the compounds was developed, the tests showed that the mixture has the behavior of a fluid oil which is little susceptible to rancidity

Key words: Cruz de Mayo, Sesquiterpenes, density, refractive index, index of acidity, percentage of free fatty acids.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales, son mezclas líquidas de lípidos apolares, lípidos, normalmente con coloración leve a incolora, presentan olor fuerte y una nota olfativa alta. Se pueden clasificar de acuerdo a su consistencia, los aceites fluidos son volátiles a temperatura ambiente, los bálsamos son más espesos y menos volátiles, por último las oleoresinas presentan una alta viscosidad y poseen un estado semisólido. Aparte de la clasificación, es de vital importancia conocer la acidez de estos fluidos con el fin de saber si son propensos a reacciones de rancidez, lo cual permitiría saber si se puede usar la matriz. El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química del aceite esencial extraído de las hojas de *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O procedentes del cerro de la Juaica (Cundinamarca-Colombia) por medio de la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, a su vez se sometió a una caracterización físicoquímica para conocer propiedades como el índice de refracción, y densidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de aceites esenciales por hidrodestilación (HD). Se pesaron 100 g de hojas en un balón con una capacidad 3 L, se le agregó 1 L de agua, se conectó el balón a la trampa de Clevenger y ésta a un refrigerante con agua a una temperatura no

superior a los 4 °C. La muestra se calentó hasta ebullición y el tiempo de extracción fue de 3 horas. Se separó la fase orgánica y luego se le agregó Na₂SO₄ anhidro. Posteriormente el aceite se dejó bajo congelación hasta el momento de la inyección (Bastos *et al.*, 2006). En el análisis de los extractos se usó un cromatógrafo HP 6890 GC Series II (Agilent Technologies, California EE.UU), acoplado a un detector selectivo de masas HP-5973. La temperatura del inyector y del detector se mantuvo a 220 °C, con una relación de caudal (*Split/splitless*) de 1:10 y el volumen de inyección fue de 0,2 µL. El programa de temperatura fue el siguiente: Se mantuvo por 4 min a 70 °C, luego se incrementó a razón de 4 °C/min hasta 220 °C y se mantuvo ahí por 10 minutos. Como gas de arrastre se usó helio a 1 mL/min y como gas auxiliar nitrógeno a 30 mL/min. En las mismas condiciones se inyectó una mezcla de parafinas C₈ a C₃₂ con el fin de calcular los índices de Kovats, el detector operó en modo de ionización electrónica a 70 eV por 1,8 scan/s y con la fuente a 230 °C. La detección se realizó en modo scan entre 35 y 400 uma.

Determinaciones fisicoquímicas: índice de refracción, densidad y acidez del aceite esencial. Las propiedades físicas medidas fueron: la densidad, el índice de refracción, y el índice de acidez. La densidad relativa se calculó determinando el peso de 1 mL de aceite respecto a 1 mL de agua a 18 °C. Para medir el índice de acidez, se pesó 1 g del aceite en un erlenmeyer y se diluyó en 10 mL de una mezcla de etanol-éter etílico (1:1), se le agregó 1 gota de fenolftaleína y se tituló con KOH 0,1 N hasta llevar a un pH de 8,1 (Molares *et al.*, 2009). Para medir el índice de refracción del aceite extraído se colocó una gota de aceite en un refractómetro Schmidt+Hanesch GmbH & Co. Berlín Serial No 27992100 a 18 °C, para cada prueba se efectuó un triplicado y se obtuvo el promedio, la desviación estándar y el porcentaje de desviación estándar relativa (% RSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se aprecian los constituyentes mayoritarios de la muestra con su respectivo porcentaje.

Tabla 1. Constituyentes mayoritarios del aceite en los 3 tiempos de extracción.

Compuesto	IR (Ex)	IR (T)	Porcentaje (3h)
α-bisabolol	1742	1686	35,93
α-zingibereno	1521	1494	12,98
β-bisaboleno	1533	1506	8,75
β-acoradieno	1496	1471	3,02
ar-curcumeno	1503	1481	6,89
α-trans-bergamoteno	1446	1435	5,35

IR_(Exp) e IR_(T): Índices de retención experimental y teórico para una columna cromatográfica con fase HP-5Ms.

Se identificaron 51 constituyentes de un total de 57, la mayoría de carácter terpénico. De estos 27 fueron monoterpenos 15 de ellos oxigenados, 20 sesquiterpenos, de estos 7 son oxigenados y 4 constituyentes presentan composición variada. Los constituyentes mayoritarios son en su mayoría sesquiterpenos sencillos, de ellos el α-bisabolol es un sesquiterpeno oxigenado. Los sesquiterpenos constituyen un porcentaje que está en un 77%, para los monoterpenos el valor es de un 15% y menos del 1% corresponden a volátiles de variada composición.

En la Tabla 2, se muestran los datos obtenidos de las determinaciones fisicoquímicas.

Figura 1. Porcentaje de los compuestos identificados por grupo funcional a 3 horas de extracción por HD.

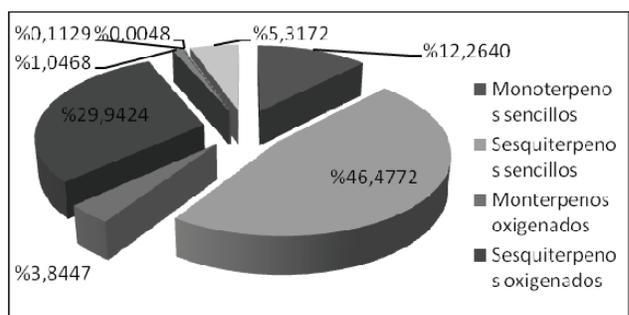


Tabla 2. Valores promedio y manejo estadístico de las constantes físicas del aceite de *Myrica Parvifolia* (Benth.) Parra-O a 18 °C.

Variable	Valor promedio	Desviación estándar	% RSD
Densidad	0,9148	0,0009	0,0953
Índice de refracción	1,4900	0,0005	0,0336
Ácidos grasos libres (%)	0,6110	0,0814	13,3235
Índice de acidez (mg base/ g aceite)	1,2155	0,1619	19,6846

De acuerdo con la literatura los valores de densidad para un aceite esencial oscilan entre 0,842 a 1,172, para el índice de refracción entre 1,45 a 1,52, por lo tanto el aceite de *Myrica* se considera un "aceite fluido" (Atti-Santos *et al.*, 2005). El índice de acidez (1,21 mg de base/gramo de aceite) y el porcentaje de ácidos grasos (0,61%), presentan valores muy bajos comparados con la de otros aceites comerciales aceite de girasol (2,6 - 5,0 y 1,3 - 2,5%) (Gunstone, 2011), aceite de palma (4,77 y 2,39%) (SON, 2000) etc., estos 2 factores muestran que la mezcla lipídica obtenida se caracteriza por su

alta calidad y por ser poco propenso a reacciones de rancidez (Atti-Santos *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

El aceite esencial de la *Myrica* obtenido se caracteriza por presentar un alto contenido de sesquiterpenos representados por más del 75 % de la composición total y tienen como compuesto mayoritario el α -bisabolol. El valor de la densidad del aceite esencial y el índice de refracción demuestran que el aceite clasifica como un aceite fluido. Los bajos índices de acidez y de ácidos grasos sugieren que puede ser de gran utilidad a nivel industrial debido a que es poco susceptible a procesos degenerativos.

BIBLIOGRAFÍA

Atti-Santos, A., M. Rosatto, G. Fernandes Pauletti, L. Duarte Rota, J. Ciro, M. Pansera, F. Agostini, L. Atti and P. Moyna. 2005. Physico-chemical Evaluation of *Rosmarinus officinalis* L. essential oils. Brazilian archives of biology and technology 48(6): 1035-1039.
Bastos, D., A. Fornari, Y. Queiroz and E. Torres, 2006. Bioactive

compounds content of chimarrão infusions related to the moisture of yerba maté (*Ilex Paraguariensis*) leaves. Brazilian archives of biology and technology 49(3): 399-404.
Dorman, D. H., and S. Deans,. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. Journal of Applied Microbiology 88(2): 308-316.
Gunstone, F. 2011. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Use*. West Sussex: John Wiley and Sons.
Molares, S., S. Gonzalez, A. Ladio, y M. Agueda Castro, 2009. Etnobotánica, anatomía y caracterización físico-química del aceite esencial de *Baccharis obovata* Hook. et Arn. (Asteraceae: Astereae). Acta Botanica. Brasilica 23(2): 578-589.
SON. 2000. Standards for edible refined palm oil and its processed form. *Standard Organization of Nigeria*, 2-5.
Sylvestre, M., J. Legault, D. Dufour and A. Pichette, 2005. Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L. Phytomedicine 12(4): 299-304.

Evaluación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) Sinu Medio, Mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución

*Anthocyanins Evaluation of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Middle Sinu, by Liquid Chromatography High Resolution*

Guillermo Arrazola P^{1*}; Armando Alvis B²; Irina Herazo C³

- 1 Profesor Titular, Facultad Ingeniería, Departamento Ingeniería de Alimentos. Universidad de Córdoba. Email. guillermo.araazola@ua.es.
- 2 Profesor Titular, Facultad Ingeniería, Departamento Ingeniería de Alimentos. Universidad de Córdoba.
- 3 Profesor catedrático. Departamento Ingeniería de Alimentos. Grupo procesos y Agro Industria Vegetales.

Resumen. El objetivo de esta investigación fue obtener y cuantificar el extracto de antocianinas mediante HPLC provenientes de la cáscara de berenjena cultivadas en Córdoba. Los resultados del análisis cromatográfico de la cáscara de berenjena, muestran que los contenidos de antocianinas en la pulpa son, alrededor de 323,3 mg/100g. Durante el proceso de obtención de antocianinas mostró que los factores tiempo, temperatura y concentración de solvente, tienen un comportamiento cuadrático, de esta manera las mejores condiciones de extracción fueron de 54% de solvente (Etanol), tiempo de 3.0 horas y temperatura de 28 °C.

Palabras clave: Antocianinas, bebida, color.

Abstract. The aim of this research was to obtain and quantify anthocyanins extract by HPLC from the rind of eggplant grown in Córdoba. The results of the chromatographic analysis of the eggplant rind, show that the content of anthocyanins in the pulp are about 323,3 mg/100g. During the process of obtaining anthocyanins showed that the factors of time, temperature and concentration of solvent, have a quadratic behavior, so the best extraction conditions were 54% solvent (Ethanol), time of 3.0 hours and the temperature 28 ° C.

Key words: Anthocyanins, beverage, color.

INTRODUCCIÓN

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos α y β unidos por una cadena de 3 carbono (Garzón, 2008). Estos pigmentos se encuentran ampliamente distribuidos en frutas, bayas y flores, ofreciendo atractivos colores, como naranja, rojo y azul (Tonon *et al.*, 2010). Estas cualidades hacen que las antocianinas sean colorantes naturales atractivos (Kong *et al.*, 2003); Los pigmentos antocianos tienen baja estabilidad debido a la sensibilidad a los cambios de pH, temperatura, luz, oxígeno, entre otros factores, los cuales se convierten en la principal limitación de estos pigmentos para ser aplicados como sustitutos potenciales de los colorantes artificiales en alimentos (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009; Olaya *et al.*, 2009). Otros autores identificaron cuatro antocianinas delfinidina en berenjenas, dentro de las que se encontraron delfinidina 3- rutinósido -5- galactósido, delfinidina 3- rutinósido-5- glucósido, delfinidina-3- glucósido y delfinidina-3-rutinósido; no obstante, en este estudio no se logró identificar la antocianina acilada nasunina posiblemente por las diferencias en las variedades de berenjena estudiadas (Wu y Prior, 2005). El objetivo de esta investigación fue obtener y cuantificar el extracto de antocianinas mediante HPLC provenientes de la cascara de berenjena cultivadas en Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acondicionamiento de la cáscara de berenjena. Para la extracción de antocianinas en la cáscara de berenjena, se utilizó metodología propuesta por Todaro *et al.*, (2009). Las muestras de cáscara de berenjena previamente acondicionadas se sometieron al proceso de extracción en una relación 1:10 (1 g de cáscara de berenjena con 10 mL de

etanol acidificado con ácido clorhídrico (HCl) al (1%). Una vez finalizada la obtención, la mezcla se filtró en un embudo Buchner y el sólido recuperado fue lavado con el solvente etanol acidificado. Luego se combinaron los sobrenadantes de las filtraciones. Para llevar a cabo la extracción de las antocianinas de la berenjenas se emplearon las siguientes condiciones de extracción: utilizando como solvente etanol acidificado (Etanol desde el 50 - 90% v/v), temperatura de extracción 30 - 60°C y tiempo de extracción 4 -12 horas (Olaya *et al.*, 2009; Todaro *et al.*, 2009; Martínez, 2009).

Cuantificación del contenido de antocianinas de los polvos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se cuantificó el contenido de antocianinas del extracto seleccionado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); utilizando un Cromatógrafo (Accela 600 de Thermo Scientific), con un detector con arreglo de diodos. Se empleó una columna RP-18, volumen de muestra de 1 μ L, utilizando longitud de onda de 525 nm, temperatura de 25 °C y flujo de 200 μ L/L. Se empleó como fase móvil acetonitrilo (Fase A) y agua conteniendo 1% de ácido fórmico (Fase B) (Todaro *et al.*, 2009; Durst y Wrolstad, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los polvos secados por aspersión se analizaron por la técnica de HPLC, en cuanto al contenido de antocianinas. La Figura 1a muestra el pico del estándar Delfinidina-3-rutonoside, mientras que en la Figura 1b se observan los picos para el extracto empleado. Para la cuantificación de antocianinas se elaboró una curva patrón a partir del estándar Delfinidina-3-rutonoside). En la curva de calibración con el estándar se obtuvo un $R^2= 0,99$. $Y= (ax+b)$, $a=1,70917e005$, $b= 2,10308$. Para los picos identificados en el extracto de antocianinas, no se tuvieron en cuenta los que tenían

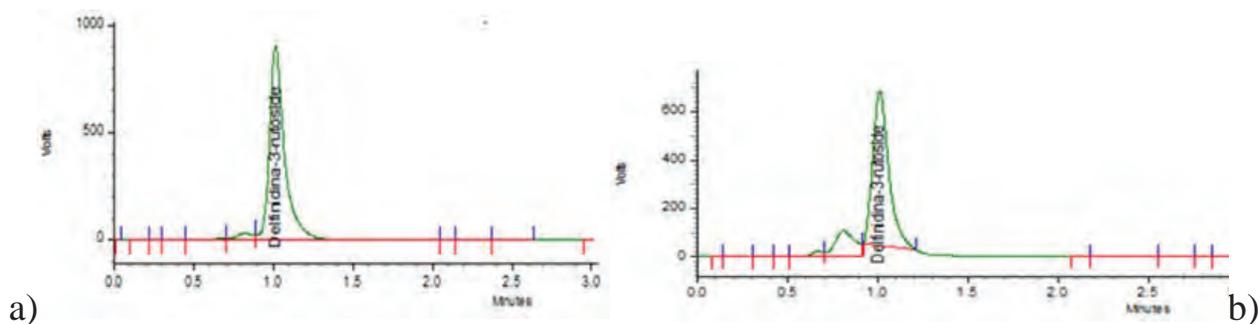


Figura 1. Cromatograma 520 nm: a) estándar Delfinidina-3-rutonoside. b) Extracto de antocianinas.

áreas menores de 3% con pobre resolución. De esta manera las dos principales antocianinas, correspondientes a los picos 2 y 3, representan aproximadamente el 16,7 % y 80%, respectivamente del área total del pico revelada a 520 nm. Los tiempos de retención para las antocianinas correspondiente al pico 2 fueron para los polvos de 1,012 min, los cuales coincide con el pico identificado en el estándar. De acuerdo a los tiempos de retención (1,012 min) y el análisis espectral mostrado por las muestras y el estándar de Delfinidina-3-rutonoside, la antocianina cuantificada en los polvos podría ser Delfinidina-3-rutonoside.

La Tabla 1 muestra el contenido de antocianinas, en los extractos microencapsulados a diferentes temperaturas (170°C y 180°C) y concentración de agente encapsulante (15, 20 y 30% de maltodextrina).

Tabla 1. Contenido de antocianinas en muestras analizadas por HPLC.

Tratamiento	Media de Contenido de Antocianinas*
170° C -15 %	301,8
170° C -20%	222,5
170° C -30%	120,9
180° C -15%	323,3
180° C -20%	208,7
180° C -30%	109,4

*mg de antocianinas por cada 100 g de extracto microencapsulado seco.

CONCLUSIONES

El contenido de antocianinas en cáscara berenjena las mejores condiciones son 180° C -15% de maltodextrina, obteniéndose 323,3 mg de antocianinas/ 100 g de muestra representa cerca del 97% del total de fenoles encontrados en la pulpa del fruto. A las condiciones cromatograficas dadas el compuesto Delfinidina-3-rutonoside, tiene un tiempo de retención de (1,012 min) Los factores de extracción de antocianinas tiempo, temperatura y concentración de solvente, tienen un efecto cuadrático en la variable respuesta, obteniendo las mejores condiciones con 53 % de solvente (Etanol), tiempo de 3 horas y temperatura de 29 °C. Tiempos prolongados de extracción del pigmento y temperaturas altas, causan una disminución del contenido de antocianinas en los extractos, lo que demuestra su alta sensibilidad a los tratamientos de extracción severos.

BIBLIOGRAFÍA

- Castañeda-Ovando, A., M. Pacheco-Hernández, M. Páez-Hernández, J. Rodríguez and C. Galán-Vidal. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry* 113(4): 859–871.
- Durst, R. and R. Wrolstad. 2001. Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. F1.3- F1.3.13.
- Garzón, G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana* 13 (3): 27 – 36.
- Kong, J., L. Chia, N. Goh, T. Chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry* 64(5): 923–933.
- Martínez, B. 2009. Evaluación de la estabilidad, las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de dos extractos de plantas aromáticas limoncillo (*Cymbopogon citratus*) y cúrcuma (*Curcuma longa*). Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad de Córdoba. Colombia.
- Olaya, C., M. Castaño and G. Garzón. 2009. Stability of anthocyanins from *Rubus glaucus* Benth and *Solanum betaceum* Cav. dark-red strain as affected by temperature, storage time and water activity. *Acta Biológica Colombiana* 14 (3): 141-156.
- Todaro, A., F. Cimino, P. Rapisarda, A. Catalano, R. Barbagallo and G. Spagna. 2009. Recovery of anthocyanins from eggplant peel. *Food Chemistry* 114(2): 434-439.
- Tonon, R., C. Brabet and M. Hubinger. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International* 43(3): 907-914.
- Wu, X. and R. Prior. 2005. Identification and characterization of anthocyanins by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry in common foods in the United States: Vegetables, nuts, and grains. *Agriculture and Food Chemistry* 53(8): 3101–3113.

Evaluación del Nivel de Cumplimiento Normativo E Inocuidad en Plantas de Beneficio Bovino

Assessment of the Regulatory Compliance and Food Safety in Bovine Slaughterhouse

Luis Miguel Osorio Murt¹; Lina María García Rivera^{2*}; Darwin Carranza-Saavedra^{2**};
Henry Alexander Váquiro Herrera³; José Fernando Solanilla Duque⁴.

1 Pasante grupo de investigación CEDAGRITOL, Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. <lmigasmurt@gmail.com>

2 Estudiante Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. * <lmgarciar@ut.edu.co>; ** <dcarranzas@ut.edu.co>

3 Profesor asistente, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. <havaquiro@ut.edu.co>

4 Profesor asociado, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. <jfsolanilla@ut.edu.co>

Resumen. En el presente estudio se determinó el nivel de cumplimiento normativo de tres Centrales de Beneficio de Animales de Abasto Público (CBAP) (Colombia). Solo una de las plantas evaluadas cumplió con los requerimientos mínimos exigidos por la ley. En base a estos resultados se evaluaron las superficies e implementos que pueden ser fuente clara de contaminación orgánica o microbiológica por medio de un luminómetro, el cual opera mediante detección de ATP por bioluminiscencia. Los resultados de dicho análisis indicaron que el nivel de contaminación en las tres centrales de beneficio era crítico, sobre todo al final de la línea de producción. Lo anterior pone en evidencia la relación directa que existe entre el cumplimiento de la normatividad y el nivel de inocuidad con el que actualmente se despachan las canales y productos cárnicos en algunas CBAP del país.

Palabras clave: Bioluminiscencia, ATP, lista de chequeo, muestreo, normatividad, microbiológica.

Abstract. In this study, the level of regulatory compliance of three slaughterhouses for public markets (CBAP) was evaluated. Only one of the evaluated establishments operates under the minimum requirements laid down by law. Based on these results, the surfaces and tools that could be clear source of organic or microbiological contamination were assessed by a luminometer, which operates through detection of ATP by bioluminescence. The results of such analysis indicated that the level of contamination in the three slaughterhouses was critical, especially at the end of the production line. These results demonstrate the direct relationship between the regulatory compliance and the safety level of the carcasses and meat products that are currently dispatched in some CBAP of the country.

Key words: Bioluminescence, ATP, Checklist, Sampling, Standards, Microbiological.

INTRODUCCIÓN

El riesgo de contraer enfermedades de carácter epidemiológico, ésta presente en las Centrales de Beneficio Animal de Abasto

Publico (CBAP), ya que enfermedades como la brucelosis, pueden contraerse no solo por consumo de carne contaminada, sino también por el contacto con el ganado bovino. Es decir que los trabajadores de las CBAP, tienden a ser vulnerables (Morales *et al.*, 2004). En Colombia, las CBAP se vigilan y controlan bajo los estándares de ejecución sanitaria establecidos por la normatividad vigente, consignados principalmente en el Decreto 1500 del 4 de Mayo del 2007, y la Resolución Número 240 del 31 de Enero de 2013. El análisis de dichos estándares arroja datos suficientes para identificar puntos críticos de control en la línea de proceso, además de las superficies e implementos que entran en contacto directo con la canal y que pueden representar un potencial riesgo de contaminación, de carga orgánica y suciedad biológica, condiciones propicias para el crecimiento de microorganismos patógenos como la Salmonella spp, Klebsiella, Pseudomonas, y enterohemorrágica E. coli, las cuales pueden llegar a formar biopelículas resistentes a diversos tipos de desinfectantes (Joseph *et al.*, 2001). Este tipo de microorganismos pueden ser detectados y cuantificados mediante el trifosfato de adenosina (ATP), el cual está presente en todo organismo vivo y es utilizado como indicador de presencia y la cantidad de microorganismos sobre las superficies evaluadas proporcionando así una medida de su estado de asepsia y de la eficiencia de los protocolos de limpieza y desinfección. El presente trabajo tiene como objetivo llevar a cabo una evaluación del nivel de inocuidad de los procesos e identificar los puntos de mayor incidencia en cuanto a contaminación en la línea de producción en las CBAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación del cumplimiento normativo. Se diseñaron instrumentos de evaluación, según la clasificación de las plantas de beneficio establecida en el Decreto 2270 del 2 de noviembre de 2012. Dichos instrumentos se aplicaron a tres plantas; una de categoría nacional y dos de categoría autoconsumo.

Con el fin de establecer rangos en cuanto a los resultados, se utilizó una escala porcentual de tres niveles: inferior al 75% se denomina bajo cumplimiento, entre el 75% y el 95% se denomina cumplimiento básico y mayor al 95%, cumplimiento superior (Gutiérrez *et al.*, 2011). Esta escala porcentual se aplica en el nivel de cumplimiento tanto general como a nivel individual para cada categoría, de acuerdo al instrumento de verificación.

Análisis por bioluminiscencia. Se establecieron puntos de muestreo para el análisis de superficies e implementos que incluyen cuchillos, hachas, plataformas, sierras, pisos, paredes entre otros. Para realizar el análisis se utilizó un luminómetro portátil (NG luminometer, 3M Clean-trace, Alemania), el cual detecta ATP por bioluminiscencia y permite obtener lecturas en unidades relativas de luz (URL) en un tiempo estimado de 10 segundos. Los límites establecidos para mataderos son: inferior a 1000 URL: Aprobado; entre 1001 URL y 1999 URL: Precaución; y superior a 2000 URL Desaprobado. Para la recolección de las muestras se utilizaron hisopos (surface ATP, 3M Clean-trace, USA) pre-humedecidos, los cuales ayudan a recoger restos de suciedad en la superficie evaluada. El barrido se hace en una superficie de 10 x 10 cm frotando el hisopo de manera vertical y horizontal mientras es girado. Una vez terminado el barrido se activa la enzima rompiendo el sello del tubo del hisopo haciendo presión hacia abajo y posteriormente agitando horizontalmente durante unos cinco segundos. Finalizado este paso se procede a introducir el hisopo en la cámara del luminómetro y se obtiene la lectura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas que fueron objeto de estudio se denominan como: N1 para la de categoría nacional y A1 y A2 para las de categoría de autoconsumo respectivamente. Lo anterior con el fin de dar cumplimiento al acuerdo de confidencialidad establecido entre el grupo de investigación y las directivas de las CBAP.

Nivel de cumplimiento normativo y análisis por bioluminiscencia. La planta N1 presentó una calificación porcentual positiva al ubicarse en el rango de cumplimiento básico. Sin embargo, presenta fallas significativas, que obtuvieron una calificación individual por debajo del 75% (Tabla 1). Los resultados del análisis de luminometría de la planta A1, presentan niveles de contaminación que superan en su mayoría el límite permitido de 2000 URL (Tabla 2). Por otro lado las plantas A1 y A2 obtuvieron una calificación por debajo del 75% en cuanto a nivel de cumplimiento normativo, ubicándose en el rango de bajo cumplimiento, con calificaciones del 64,9% y el 50,5% respectivamente. Los resultados del análisis por luminometría reflejaron altos niveles de contaminación en ambas plantas (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados de la valuación del nivel de cumplimiento legislativo.

Aspecto evaluado	% Cumplimiento N1	
Diseño y construcción	58,8	
Iluminación	66,7	
Instalaciones sanitarias	70,0	
Área de despacho	62,5	
Aspecto evaluado	% Cumplimiento	
	A1	A2
Filtros sanitarios	65,0	50,0
Personal manipulador	60,0	33,3
Prácticas higiénicas y medidas de protección	64,7	55,3
Requerimientos específicos	62,5	25,0
Sección de terminación y salida	63,6	07,5
POES	42,9	00,0
Plan de muestreo	00,0	00,0

CONCLUSIONES

Los resultados de ambas fases del estudio permiten determinar una relación directa entre las falencias encontradas en las plantas a través de las listas de chequeo y el nivel de contaminación general reportado por el análisis de luminometría. La tendencia en los niveles de contaminación se concentra principalmente y en más altos niveles al final de la línea de proceso (Tabla 2). Por lo anterior, se puede concluir que actualmente no se garantiza el despacho de canales y productos cárnicos de forma inocua. Poniendo en riesgo a la población en materia de salud pública.

Tabla 2. Resultados del análisis de superficies por luminometría en unidades relativas de luz (URL).

Punto	Resultados por planta URL		
	N1	A1	A2
Sangría (cuchillo)	1 242	231	9 947
Corte de cabeza (cuchillo)	2 962	1 695	3 668
Corte extremidades delanteras (cuchillo)	176 639	351	7 332
Eviscerado (cuchillo)	345	83 624	63 793
Desuello (cuchillo)	4 134	567	4 336
División de canal (hacha o sierra)	24 658	9 707	1 178
Cuarteo (hacha)	329 805	16 841	12 261
Plataforma corte de extremidades traseras	1561	1 772	63 793
Oreo (pared)	202 642	2 100	1 209
Despacho	471 686	33 907	173 001
Elementos de protección personal (delantal)	7 369	212 960	236 561

BIBLIOGRAFIA

Gutiérrez, N., E. Pastrana y J.K. Castro. 2011. Evaluación de prerrequisitos en el sistema HACCP en empresas del sector agroalimentario. *Revista EIA*. 15: 33-43.

Joseph, B., S.K. Otta., I. Karunasagar and I. Karunasagar. 2001. Biofilm formation by *Salmonella* spp. on food contact

surfaces and their sensitivity to sanitizers. *International journal of food microbiology* 64(3): 367-372.

Morales Ortegón, D.F., D. A Bayona Combariza. 2004. Seroprevalencia de brucelosis en trabajadores de mataderos de municipios del Tolima (Colombia). *Revista Ciencias de la Salud* 2(1): 15-23.

Contenido Proteico y Digestibilidad Aparente de Polen Apícola y Pan de Abejas del Altiplano Cundiboyacense

Protein Content and Apparent Digestibility of Bee-Pollen and Bee-Bread from Cundiboyacense Highland

Lizeth Castro¹; Carlos Zuluaga²; Martha Quicazán³.

- 1 Estudiante Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. ingenieralizeth@gmail.com
- 2 Estudiante de Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia. cmzuluagad@unal.edu.co
- 3 Profesora Asociada, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia. mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. El polen apícola es aprovechado para el consumo humano debido a su alto contenido de nutrientes, en particular proteínas, que alcanzan hasta el 30% en composición del grano. Sin embargo, diversos estudios mencionan que la estructura de la capa externa del polen, limita la absorción de tales compuestos en el tracto gastrointestinal. Se sabe que en la colmena, las abejas inducen un proceso fermentativo mediado por bacterias acidolácticas para obtener un producto conocido como pan de abejas, que reportes indican como un alimento con mayor disponibilidad nutricional (Standifer *et al.*, 1980). En este estudio se evaluó tanto el contenido de proteína como la digestibilidad aparente de polen apícola y pan de abejas provenientes del Altiplano Cundiboyacense con el fin de comparar los valores de estos parámetros con aquellos reportados en bibliografía (Franchi, *et al* 1997; Pérez, *et al.*, 2005; Vargas, *et al* 2006). Los resultados obtenidos mostraron que el polen apícola posee una digestibilidad promedio de 64,12%, mientras que el pan de abejas un valor de 66,06%. Algunos reportes consultados presentan resultados de digestibilidad para polen entre 48 - 60%, mientras que en pan de abejas no se evidencia la existencia de datos, siendo este uno de los primeros trabajos que evalúa tal parámetro en este producto.

Palabras clave: Colmena, disponibilidad, fermentación, valor nutricional.

Abstract. Bee pollen is exploited for human consumption due to its high content of nutrients, particularly protein, reaching up to 30% in grain composition. However, several studies

report that the structure of the outer layer of bee-pollen limits the absorption of such compounds in the gastrointestinal tract. It is known that in the hive, bees induce a fermentative process mediated by lactic acid bacteria to produce a product known as bee bread, which reports indicate as a product with greater nutritional availability (Standifer *et al.*, 1980). In this study, both the protein content and the apparent digestibility of bee pollen and bee bread from the Cundiboyacense Highland were evaluated in order to compare the values of these parameters with those reported in literature (Franchi *et al.*, 1997; Pérez *et al.*, 2005; Vargas *et al.*, 2006). Obtained results showed that bee-pollen had an average digestibility of 64.12%, while the bee-bread had a value of 66.06%. Other studies showed results for bee-pollen digestibility between 48-60%, and in bee-bread no data is reported, being this one of the first studies that assesses such parameter in this product.

Key words: Beehive, availability, fermentation, nutritional value.

INTRODUCCIÓN

El polen apícola es un grano recolectado por las abejas obreras durante su visita a las flores, caracterizado por su alto contenido nutricional en glúcidos, vitaminas (B, C y D), minerales (2,5-6%), lípidos (6%) y proteínas (20%) (Almeida-Muradian *et al.*, 2005). Sin embargo, investigaciones previas señalan que la disponibilidad de los componentes aprovechables por los seres humanos entre compuestos nutricionales y bioactivos es

limitada. (Pernal y Currie, 2000; Cook *et al.*, 2003). Diferentes simulaciones *in vitro* de la digestión humana sugieren que el polen es parcialmente digerido – 48% y 59% - (Franchi *et al.*, 1997). Por otra parte, se sabe que en las colmenas, las abejas rara vez consumen el polen directamente sino después que ha sido almacenado en celdas, con el fin de someterlo a un proceso de transformación bioquímico y convertirlo en un producto conocido como “pan de abejas”, en el cual se considera, aumenta la disponibilidad de los nutrientes y componentes bioactivos (Standifer *et al.*, 1980). Sin embargo, son escasos los reportes que confirmen la mejor asimilación de nutrientes del pan de abejas. Por lo tanto el objetivo de éste trabajo ha sido evaluar el contenido de proteína y digestibilidad *in vitro* de polen apícola y pan de abejas del Altiplano cundiboyacense, que sirva como parámetros de comparación confiable con productos de otras regiones.

MATERIALES Y METODOS

Fueron recolectadas tres (3) muestras de polen apícola fresco y pan de abejas en el Municipio de Viracachá (Boyacá), ubicado en el Altiplano Cundiboyacense colombiano. Los análisis fisicoquímicos incluyeron la determinación del contenido de proteína según el Método Oficial 962.09 de la A.O.A.C. (1998); mientras que, la evaluación de la digestibilidad *in vitro* fue realizada según la Norma Técnica Colombiana NTC-719 con algunas modificaciones (ICONTEC, 1994), con muestras previamente secas y desengrasadas. Los resultados fueron analizados estadísticamente por una prueba *t-student* con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras determinar la cantidad de proteína y someter tanto el polen apícola como el pan de abejas a digestión *in vitro* con la enzima pepsina en medio ácido y a temperatura controlada de 40 °C se obtuvieron los resultados reportados en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de proteína y digestibilidad del polen apícola y pan de abejas.

	*Proteína (%)	*Digestibilidad (%) (16 h)
Polen apícola	24,40 ± 0,62	64,12 ± 2,54
Pan de abejas	24,50 ± 2,58	66,06 ± 2,37
Prueba t-student	valor p = 0,95	valor p = 0,52

* Resultados en base seca.

Los resultados de la Tabla 1, muestran que no existen diferencias significativas entre los valores de proteína y digestibilidad del polen apícola y el pan de abejas, permitiendo inferir que la digestión se realizó sólo en una parte del grano de polen debido a

la dificultad de la enzima para penetrar la capa externa del grano formada por esporopolenina, una sustancia extremadamente resistente a la oxidación física, biológica y degradación bioquímica (Domínguez, *et al.*, 1999), que demuestra que su rico contenido nutricional es significativamente menos disponible para especies monogástricas, comparado con aquellas provenientes de otras fuentes. Al comparar los valores de digestibilidad tanto del polen como del pan de abejas colombiano con valores reportados en bibliografía de polen de otras variedades y productos de origen vegetal, se observa que el polen apícola del Altiplano cundiboyacense presenta valores mayores de digestibilidad con respecto al reportado por otras investigaciones. Por otra parte, el pan de abejas tiene mayor cantidad de proteína cruda y es más digerible en relación con otros alimentos que también son ricos en proteína como el trigo o el frijol flor de mayo, que reportan valores de 9,74 y 22,16 % respectivamente (Pérez, *et al.*, 2005; Vargas, *et al.*, 2006).

Tabla 2. Resultados de digestibilidad de polen apícola y otros alimentos.

	Digestibilidad (%) (18h)
[1] Polen de la amapola (Papaver rhoeas L.)	51,40 ± 2,30
[1] Polen de la avellana (Corylus avellana L.)	48,90 ± 2,70
[2] Trigo	10,34
[3] Frijol flor de mayo	32,27 ± 0,70

Fuentes: ^[1] Franchi, *et al.*, 1997. ^[2] Pérez, *et al.*, 2005. ^[3] Vargas, *et al.*, 2006

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron que la digestibilidad del polen apícola del Altiplano Cundiboyacense es de 64,12%; mientras que la del pan de abejas fue 66,06%. Los valores no son significativamente diferentes, lo cual sugiere que no existe una variación apreciable en la asimilación de nutrientes originada por el proceso de transformación bioquímica producto de las secreciones salivares enriquecidas con bacterias acidolácticas y enzimas dispuestas por las abejas sobre el polen de la colmena para la producción de pan de abejas, con respecto al polen apícola. Los valores de digestibilidad de polen son superiores a los reportados en bibliografía para otros productos de origen vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo brindado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación

(COLCIENCIAS) y a la Empresa Apiarío los Cerezos.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida-Muradian, L.B., L. Pamplona., S. Coimbra and O. Barth, 2005. Chemical composition botanical evaluation of dried bee pollen pellets, Elsevier 18(1): 105-111
- Cook, S., C. Awmack, D. Murray, and I. Williams. 2003. Are honey bees' foraging preferences affected by pollen amino acid composition?, Ecological Entomology 28(5): 622-627.
- Domínguez, E., J. Mercado, M. Quesada, and A. Heredia. (1999). Pollen sporopollenin: Degradation and structural elucidation. Springer-Verlag. 12(3):171-178
- Franchi, G., P. Corti, and A. Pompella. 1997. Microspectrophotometric evaluation of digestibility of pollen grains, Plant Foods for Human Nutrition 50(2):115-126.
- ICONTEC. 1994. NTC 719. Norma técnica Colombiana sobre determinación de la digestibilidad con pepsina de la proteína de origen animal, pag 1-6, Bogota, Colombia.
- Pérez, A., L. Díaz y H. Pérez. 2005. Valores de digestibilidad de dos cereales incluidos en la ración a diferentes niveles. Tesis pregrado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. Montería 66-70 p
- Pernal, S., and R. Currie. 2000. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.), Apidologie 31(3): 387-409.
- Standifer. L., S. McCaughey, M. Dixon, M. Gilliam. and G. Loper. 1980. Biochemistry and microbiology of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from almond, *prunus dulcis*, Apidologie 11(2): 163-171.
- Vargas, A., P. Osorio, E. Agama, L. Morales y L. Bello. 2006. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Interciencia 31 (12): 3-4

Evaluación de Indicadores Microbiológicos de Inocuidad y Calidad en Plantas de Beneficio de Ganado Bovino

Assessment of Microbiological Safety and Quality Indicators in Cattle Slaughterhouse

Lina María García Rivera¹; Darwin Carranza-Saavedra¹;
Henry Alexander Váquiro Herrera¹; José Fernando Solanilla Duque¹

1 Universidad del Tolima, Departamento de Producción y Sanidad Vegetal. Barrio Santa Helena Parte Alta, Ibagué, Colombia. E-mail: lmgarcia@ut.edu.co

Resumen. Este estudio evaluó los índices microbiológicos de inocuidad y calidad asociados a *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *E.coli*/coliformes, aerobios mesófilos y enterobacterias, mediante análisis de bioluminiscencia por sistema de detección molecular MDS 3M™ y conteos en placa Petrifilm™ a muestras obtenidas por esponjado sobre canales bovinas procesadas en una planta de beneficio bovino nacional. Los resultados obtenidos reportan ausencia de microorganismos patógenos asociados a enfermedades transmitidas por alimentos. En tanto que los indicadores de higiene, contaminación fecal, inocuidad microbiológica y vida útil, fueron expresados en función a deficiencias en limpieza y desinfección, flujo cruzado de procesos, flujo cruzado de operarios, infraestructura y manipulación de la canal.

Palabras clave: Inocuidad, carne, MDS, Petrifilm™, perfil microbiológico.

Abstract. This study evaluates microbiological safety and quality indicators associated to *Salmonella* spp, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *E.coli*/coliforms, mesophilic aerobes and enterobacteria. The microbiological analysis was carried out by bioluminescence technique using

a molecular detection system MDS 3M™ and Petrifilm™ microbiological plate counts. The samples were collected on beef carcasses by sterile sponge-stick, during the process in a national cattle slaughterhouse. The results show lack of pathogenic microorganisms associated with foodborne diseases. Whereas hygiene, fecal contamination, microbiological safety and shelf life indicators were expressed in terms of cleaning and disinfection deficiencies, crossflow of processes and operators, infrastructure and carcass handling.

Key words: Safety, Meat, MDS, Petrifilm™, Microbiological profile.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la salud pública es un tema de interés en cadenas productivas vinculadas a la cadena cárnica bovina, dado que el beneficio y faenado de animales generan vectores microbiológicos asociados a enfermedades transmitidas por alimentos (E.T.A.S.) y alteraciones en la calidad de la carne. Por tanto, el análisis microbiológico es una herramienta útil para monitorear la inocuidad y calidad de la carne. En plantas de

beneficio de ganado bovino se detectan factores que favorecen el crecimiento de microorganismos en superficies de equipos, utensilios, indumentaria de trabajo e infraestructura, lo que genera contaminación cruzada hacia las canales en todos los puntos del proceso (Gómez *et al.*, 2012). Este estudio busca valorar los índices microbiológicos de inocuidad y calidad asociados a *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *E. coli*/Coliformes, *Aerobios mesófilos* y enterobacterias en puntos críticos de contaminación microbiológica (PCCM) para una línea de beneficio de ganado bovino nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Canales bovinas procesadas en una planta de beneficio nacional fueron valoradas, realizando un muestreo aleatorio simple en PCCM. Se efectuaron barridos no destructivos con esponjas estériles (Sponge-Stick, 3M™, EE.UU.) en dos puntos de la superficie de la canal (Meyer *et al.*, 2001), utilizando diluyentes selectivos.

La prevalencia de *Salmonella spp.* (S) y *Escherichia coli* O157:H7 (ECO), se evaluó como indicador de inocuidad para E.T.A.S. mediante análisis de bioluminiscencia a través del Sistema de Detección Molecular (DMS100, 3M™, Food Safety, USA). El nivel de incidencia de *Staphylococcus aureus* (SA), *E. coli*/coliformes (EC)/(C), *Aerobios mesófilos* (AM) y enterobacterias (EB) se obtuvo a través de conteos en placas Petrifilm, inoculando por triplicado 1 mL de pre-enriquecimiento en dilución 10⁻¹ (Mansion *et al.*, 2014). Se aplicó análisis estadístico para muestras independientes con el 95 % de confianza.

RESULTADOS

Los PCCM identificados en función de los factores de limpieza y desinfección, flujo cruzado de procesos, flujo cruzado de personal, infraestructura y manipulación de la canal son: sangría (PCCM1), rebordeo de ano (PCCM2), corte de extremidades delanteras (PCCM3), eviscerado (PCCM4), división de canal (PCCM5) y oreo (PCCM6). En la Tabla 1, se muestra la incidencia de dichos factores en cada PCCM.

Tabla 1. Factores relacionados con el nivel de incidencia del riesgo microbiológico en PCCM.

Factores	Incidencia en PCCM					
	1	2	3	4	5	6
Limpieza y desinfección (LD)	X	X	X	X		X
Flujo cruzado de procesos (FP)	X	X	X	X		X
Flujo cruzado de personal (FO)			X			X
Infraestructura (I)	X	X	X			X
Manipulación de la canal (MC)	X	X	X	X		X

Los resultados obtenidos a través del MDS, reportaron "Ausencia" de S y ECO en los PCCM analizados, cumpliendo con el nivel de cero tolerancia para alimentos crudos como la carne (Modzelewska y Maj, 2014). Los conteos microbiológicos para SA, EC, C, AM y EB en las canales bovinas, se presentan en la Tabla 2 y el nivel de incidencia microbiológica en la Figura 1. A partir de estos datos, se valoraron indicadores de higiene (I1), contaminación fecal (I2), inocuidad microbiológica (I3), vida útil (I4) y bacterias zoonótica (I5).

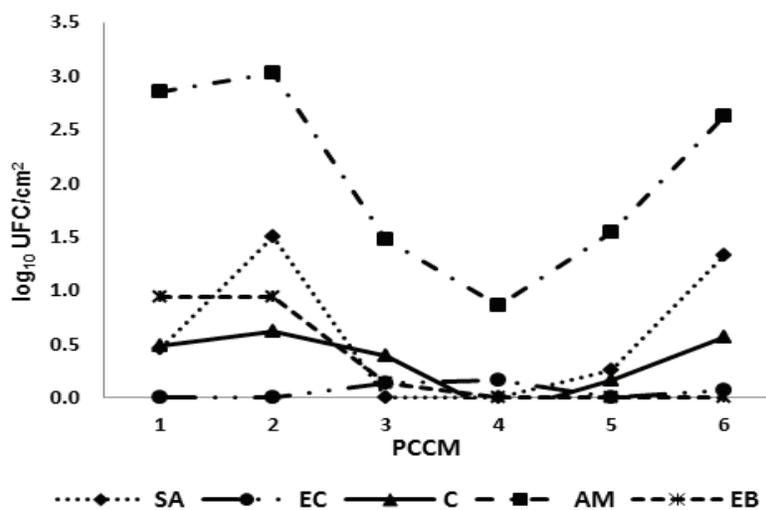


Figura 1. Perfil de incidencia microbiológica en canales bovinas.

I1 (SA). El nivel de incidencia de SA difiere significativamente en PCCM2 y PCCM6 ($p < 0,05$), atribuido a deficiencias en LD y MC, debido a que el SA se transfiere de la piel de las personas a otras superficies.

I2 (EC). La incidencia de EC en PCCM3, PCCM4 y PCCM6 es superior a 1,20 UFC/cm², atribuido a contaminación cruzada por FP, FO y a deficiencias en LD y MC, factores que influyen significativamente en la existencia de contenido ruminal presente en la canal.

Tabla 2. Conteos microbiológicos detectados en canales bovinas.

PCCM	Microorganismo (UFC/cm ²)				
	SA	EC	C	AM	EB
PCCM1	7,28a	0,00c	3,75e	826,39g	215,94k
PCCM2	40,97b	0,00c	4,72e	1083,33g	175,75k
PCCM3	0,00a	1,50c	4,92ef	59,31h	1,50k
PCCM4	0,00a	1,58d	1,29ef	8,75i	0,00k
PCCM5	2,00a	0,00c	1,58f	39,86h	0,00k
PCCM6	22,64b	1,22cd	3,89e	438,89j	0,00k

Valor promedio $n=9$ SD. Superíndices en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

I3 (C). Los datos muestran diferentes niveles de incidencia de C ($p < 0,05$) en toda la línea de beneficio, siendo los puntos más afectados PCCM1, PCCM2, PCCM3 y PCCM6, debido a contaminación por material fecal, agua de lavado y suelo por deficiencias en LD, FP e I (Silva, Cavalli y Oliveira, 2006).

I4 (AM). En las primeras etapas del proceso los factores LD, FP e I influyen en los conteos de AM (> 825 UFC/cm²). Sin embargo, la carga microbiana disminuye de PCCM2 a PCCM4, atribuido a mejoras en las condiciones de MC en el proceso y menor impacto de FO. A pesar de esto, en PCCM6 se presenta un aumento en 430,14 UFC/cm² de AM respecto a PCCM4. No obstante, la carga final disminuye en un 53,11% respecto a la carga inicial por factores LD, FP, FO, I y MC, alterando la estabilidad de la carne en términos de vida útil.

I5 (EB). Tan solo en PCCM1 y PCCM2 se detectó EB por deficiencias en factores de LD, FP, I y MC; lo que indica riesgo de incidencia de bacterias zoonóticas como S y ECO (Miranda, 2008).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos reportan ausencia de microorganismo patógenos asociados a E.T.A.S., en tanto que los indicadores I1, I2, I3, I4 e I5, tienden a expresarse en función a deficiencias en LD, FP, FO, I y MC.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez, D., A. Ariño, J.J. Carramiñana, C. Rota, and J. Yangüela. 2012. Sponge versus mini-roller for the surface microbiological control of *Listeria monocytogenes*, total aerobic mesophiles and Enterobacteriaceae in the meat industry. *Food Control* 27(1): 242-247.
- Mansion, E.M., N. Knorr, J.H. Paduch, C. Zinke, M. Hoedemaker and V. Krömker. 2014. A field study evaluation of Petri Im™ plates as a 24-h rapid diagnostic test for clinical mastitis on a dairy farm. *Preventive Veterinary Medicine* 113(4): 620-624.
- Meyer, S., S.N. Bastian, P.D. Arné, O. Cerf and M. Sanaa. 2001. Review of epidemiological surveys on the prevalence of contamination of healthy cattle with *Escherichia coli* serogroup O157:H7. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203(4): 347-361.
- Modzelewska, M. and K. Maj. 2014. The microbial safety of ready-to-eat raw and cooked sausages in Poland: *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. occurrence. *Food Control* 36(1): 212-216.
- Silva, M.P., D.R. Cavalli and T.C.R. Oliveira. Avaliação do padrão Coliformes a 45 °C e comparação da Eficiência das Técnicas dos tubos Múltiplos e Petrifilm EC na detecção de Coliformes totais e *Escherichia coli*. em Alimentos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 26(2): 352-359.
- Miranda, J.M., B.I. Guarddon, C.A. Vázquez, A. Barros and A. Cepeda. 2008. Antimicrobial resistance in Enterobacteriaceae strain isolated from organic chicken, conventional, conventional chicken and conventional turkey meat: A comparative survey. *Food Control* 19: 412-416.

Predicción Microbiológica de Vida Útil por Pruebas Aceleradas en Pulpa de Guanábana Tratada por Microondas.

Microbiological Prediction of Shelf Life by Accelerated Testing Soursop Pulp Treated by Microwave.

Alfredo López-Molinello¹

1 Profesor Asistente. Programa de ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Salle. Carrera 2 N° 10-70 Bogotá, Colombia. alopez@unisalle.edu.co

Resumen. El consumo de productos lo más naturales posibles, se ha convertido en una tendencia para el consumidor, por ende surge la necesidad de que estos productos sean elaborados sin aditivos artificiales pero que al mismo tiempo conserven todas sus propiedades nutricionales y de inocuidad. Por lo tanto en el presente trabajo se evaluó el impacto de la pasteurización por microondas sobre el crecimiento fúngico en la pulpa de guanábana en función de la temperatura de almacenamiento de 15, 20, 25 y 30 °C y sobre su principal nutriente la vitamina C. Con el fin de estimar el tiempo de vida útil se usaron dos modelos de microbiología predictiva: el modelo de Arrhenius y el modelo Raíz cuadrada de Ratkowsky. El contenido de vitamina C se determinó por el método de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Los resultados mostraron que con el modelo de Arrhenius ($R^2=89,3\%$) se obtuvo un tiempo de vida útil de 2,6 meses en almacenamiento a temperatura de 15 °C, 2,4 meses a 20 °C, 2,2 meses a 25 °C y 2 meses a 30 °C. Con el modelo de Raíz cuadrada de Ratkowsky ($R^2= 93\%$), se obtuvo un tiempo de vida útil de 2,5 meses a 15 °C, 1,9 meses a 20 °C, 1,6 meses a 25 °C, y 1,3 meses a 30 °C. La investigación concluye que el método de pasteurización por microondas mantiene la vida útil de una pulpa expuesta a temperatura ambiente cercanas a 20 °C, con una pérdida baja de vitamina C, sin hacer uso de métodos de conservación adicionales.

Palabras clave: Modelos matemáticos, vida útil, mohos y levaduras, Vitamina C.

Abstract. Consumption of the most natural products has become a trend for the consumer, thus the need for these products to be made without artificial additives arises but, at the same time, retain all their safety and nutritional properties. In addition, as all processed foods, they require heat treatment or preservatives in order to extend their life. Therefore, the impact of microwave pasteurization was evaluated on two characteristics of the fruit: its main nutrients, vitamin C, and microbial growth of 15, 20, 25 and 30 °C. By using two models of predictive microbiology, Arrhenius and square root of Ratkowsky, it was estimated the life time of the pulps. Vitamin C content was determined by

high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that according to Arrhenius model ($R^2= 89.3\%$) the life time is of 2.6 months at storage temperature of 15 °C, 2.4 months at 20 °C, 2.2 months at 25 °C and 2 months at 30 °C. While with the square root model ($R^2= 93\%$) the obtained lifetime is of 2.5 months at 15 °C, 1.9 months at 20 °C, 1.6 months at 25 °C, and 1.3 months 30 °C. The research concludes that the microwave pasteurization method maintains the life of a pulp kept in average room temperature of 20 °C, with a very small loss of vitamin C, without using additional conservation methods.

Key words: Mathematical models, shelf life, molds and yeasts, Vitamin C.

INTRODUCCIÓN

El consumo de productos lo más naturales posibles, se ha convertido en una tendencia para el consumidor, por ende surge la necesidad de que estos productos sean elaborados sin aditivos artificiales pero que al mismo tiempo conserven la inocuidad y todas sus propiedades nutricionales. El método de conservación por microondas es una técnica rápida que alcanza una temperatura más elevada en un intervalo de tiempo más corto, logrando disminuir la cantidad de microorganismos y manteniendo sus características organolépticas. Por estas razones en esta investigación se evaluó el método de pasteurización por microondas a través de microbiología predictiva con los modelos secundarios, analizando el estudio de la respuesta de crecimiento o de inhibición de los microorganismos más preponderantes en las pulpas como lo son los mohos y las levaduras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de biotecnología de la Universidad de La Salle. El método de pasteurización por microondas de la pulpa de guanábana se efectuó bajo las siguientes condiciones de potencia de 640 Watts (80%) y una temperatura entre 68 -76 °C, en un tiempo

de exposición de 1,3 min a una velocidad de 16,98 mL/s. El análisis de contenido de vitamina C se determinó por triplicado a pulpa de guanábana pasteurizada y una muestra del estándar, las cuales se inyectaron en el cromatógrafo de columna Lichrocart 250-4 con un volumen de inyección de 50 μ L, a una longitud de onda de 270 nm con un flujo de 0,8 mL/min, en un tiempo de corrida de 6 min. Las muestras de pulpa de guanábana pasteurizadas fueron incubadas a temperaturas de 15, 20, 25 y 30 °C. Las pruebas microbiológicas aceleradas se realizaron de las diluciones de 10^{-1} y 10^{-2} sembrada por duplicado en medios YGC (extracto de levadura, glucosa y cloranfenicol) para aislamiento de hongos. El recuento fue realizado cada 24 horas por un tiempo de 9 días (Carrillo *et al.*, 2007). A los recuentos obtenidos se implementaron los modelos matemáticos secundarios de Arrhenius y el modelo de la raíz cuadrada de Ratkowsky (para la determinación de este modelo secundario, es necesario calcular las variables del modelo primario de Gompertz a través de gráficas de Log del número de UFC vs tiempo) teniendo en cuenta los límites microbiológicos establecidos por la Resolución 7992 del 91.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de vitamina C en promedio en las tres muestras se obtuvo que la pulpa de guanábana pasteurizada por microondas conservó 16,56 mg de Vitamina C/100g de Pulpa. Al compararse este resultados con el dato teórico para la pulpa de guanábana natural el cual es de 25 mg de Vitamina C/100 g de pulpa (ICBF, 2005) se puede evidenciar que con el tratamiento se volatilizó 8,44 mg de Vitamina C/100 g de la pulpa, por consiguiente la pulpa después del tratamiento perdió un 33,76%. Este tratamiento de pasteurización aplicado, hace que se presente una pérdida de vitamina C en la pulpa, sin embargo es mucho menor a los presentados en investigaciones donde se usan pasteurizaciones convencionales como es el caso del jugo de carambolo donde a una temperatura de exposición a 75 °C en un tiempo de 5 min y 25 min hay una pérdida del 39,79%, y del 54,73% de vitamina C respectivamente (Matos-Chamorro y Chuquilín-Chumbe, 2010).

Cálculo de vida útil de pulpa de guanábana pasteurizada por el modelo de Arrhenius. Con los valores de recuento obtenidos se calcularon las velocidades de crecimiento (μ) graficando en las ordenadas el Ln UFC/g en fase exponencial y en las abscisas el tiempo (h), y a partir de esta gráfica se generó la ecuación de la recta donde la pendiente es igual a la velocidad de crecimiento específica (μ UFC h⁻¹g), obteniendo valores de: 0,05121 UFC/mL h a 15 °C, de 0,05873 UFC/mL h a 20 °C, y de 0,05991 UFC/mL h a 25 °C y de 0,06542 UFC/mL

h a 30 °C. Posteriormente se hallaron las constantes del modelo como son: energía de activación y el factor preexponencial A, los cuales se obtuvieron de las gráficas realizadas con el Ln de la velocidad de crecimiento (Ln μ) y en las abscisas el recíproco de cada temperatura absoluta (1/T) (Tabla1).

Tabla 1. Energía de activación- modelo de Arrhenius.

Vertical (Valor)	Lote 1	Lote 2	Lote 3
m	-1319	-1025	-1440
R	8,314472	8,314472	8,314472
Ln A	1,629	0,722	2,074
Ea=-(m*R)	10966,788557 Kj/Kg*h**K	8522,3338 Kj/Kg*h**K	11972,83968 Kj/Kg*h**K

Datos tomados de las gráficas de Ln μ vs 1/T° Lote 1,2 y 3 del Modelo Arrhenius. Donde m es la pendiente, R es la constante de los gases, Ln A es el punto de corte en el eje y descrito en la ecuación de la recta.

Ulteriormente se procedió a aplicar el modelo teniendo como base el límite mínimo de crecimiento fúngico estipulado en la resolución 7992 de 1991 (rango: 100 – 200 UFC/mL). Los datos obtenidos mostraron un coeficiente de correlación de 89,3% se obtuvo un tiempo de vida útil de 2,6 meses en almacenamiento a temperatura de 15 °C, 2,4 meses a 20 °C, 2,2 meses a 25 °C y 2 meses a 30 °C. Estos resultados muestran la influencia de la temperatura sobre la cinética de crecimiento de los microorganismos, como se puede observar en los datos conforme aumenta la temperatura de incubación, más rápidamente el microorganismo alcanza mayor velocidad de crecimiento (Beldarrain, 2012).

Cálculo de vida útil de pulpa de guanábana pasteurizada por el modelo raíz cuadrada de Ratkowsky. Al calcular la variables del modelo de Gompertz, inicialmente se obtuvo la velocidad de crecimiento máxima (B) está entre 0,025 a 0,041 UFC/mL*h correspondiente a la pendiente de la curva de crecimiento de cada temperatura en el tiempo M (60 horas). De esta forma utilizando las constantes calculadas anteriormente (B y M) y con los mismos datos de crecimiento fúngico, es posible calcular la cinética de crecimiento (μ), los ciclos logarítmicos de crecimiento (C), y la fase de adaptación (λ). Con estos valores se estableció la velocidad de crecimiento, obteniendo valores entre 0,04 UFC/mL*h y 0,13 UFC/mL*h tal como se describe en la Tabla 2.

Para la obtención del tiempo de vida útil de pulpa de guanábana pasteurizada se calculó la raíz cuadrada de la velocidad de crecimiento obteniendo valores entre 0,04 UFC/ mL*h a 0,07 UFC/ mL*h y con base en la ecuación de la tasa de crecimiento microbiológico ($\sqrt{\mu} * (T^0 - T^0 \text{ min})$) del modelo de raíz cuadrada

Tabla 2. Constantes modelo de Gompertz.

Temperatura (°C)	A log UFC/mL	C log UFC/mL	B log UFC/mL *h	M (h)	Tiempo de adaptación (λ) (h)	Velocidad de crecimiento (μ) log UFC*mL/h
15	2,06	4,6617	0,0243	60	6,3182	0,0479
20	1,96	4,4123	0,029	60	5,0653	0,0595
25	2,00	4,882	0,0303	60	5,0305	0,06023
30	2,22	5,2817	0,0313	60	4,2078	0,0719

A: es el logaritmo de los recuento asintóticos cuando el tiempo decrece indefinidamente (aproximadamente equivale al logaritmo de los niveles iniciales de bacterias) [log(UFC/mL)]. C: logaritmo de los recuentos asintóticos cuando el tiempo se incrementa indefinidamente (es el número de ciclos log de crecimiento) [log(UFC/mL)]. M: es el tiempo requerido para alcanzar la máxima velocidad de crecimiento relativa al tiempo M [h]. μ: velocidad específica de crecimiento μ:B.C con e=2,7182 [log(UFC/mL/h)]. λ: Fase de adaptación (λ=M-1/B).

de Ratkowsky se obtuvieron valores de vida útil de 2,5 meses a 15 °C, de 1,9 meses a 20 °C, de 1,6 meses a 25 °C, y 1,3 meses a 30 °C, con un coeficiente de correlación del 93%.

CONCLUSION

Los resultados obtenidos muestran que la energía electromagnética de microondas afectó en baja medida la vitamina C de la pulpa y permitió disminuir la concentración de la microbiota fúngica, cuyo crecimiento fue predicho a través de los modelos matemáticos aplicados para determinar su vida útil a diversas temperaturas de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Beldarrain, T., M. Nuñez, M.A. Guerra y A. Bruselas. 2012. Comparación de la ecuación de Arrhenius y la ecuación de Ratkowsky para predecir el comportamiento de *Staphylococcus aureus* en hamburguesa. II Congreso Internacional de Ingeniería Química, Biotecnológica y Alimentaria. La Habana, Cuba.
- Carrillo, M.L., D. Zavala y B. Alvarado. 2007. Modelado del Efecto de la Temperatura, Actividad de Agua y pH sobre el Crecimiento de *Rhizopus oryzae*. Información tecnológica 18(4): 57-62.
- Matos-Chamorro, R.A. y E.F. Chuquilín-Chumbe. 2010. Estudio de la Influencia de la Concentración en la Retención de Vitamina C en Jugo Fresco y Concentrado de Carambola (Averrhoa carambola L.). Revista investigación ciencia tecnología de alimentos 1(1): 36 – 42.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). 2005. Tabla de composición de los alimentos Colombianos. En: http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/principal_alimento.asp?id_alimento=366&enviado3=1; consulta: febrero 2014

Caracterización Físicoquímica de Mielles Originarias de Cultivos Cafeteros de la Sierra Nevada de Santa Marta

Physicochemical Characterization of Honey from Coffee Crops from Sierra Nevada de Santa Marta

Andrea Nieto¹; Jairo M. García²; Consuelo Díaz-M.³ y Marta C. Quicazán³

- 1 Ingeniera Química, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá., canietov@unal.edu.co.
- 2 Representante Legal Apisierra, Santa Marta, Colombia. Correo: apisierra@gmail.com
- 3 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, amcdiazmo@unal.edu.co y mcquicazand@unal.edu.co

Resumen. El café es uno de los productos colombianos de mayor importancia debido al reconocimiento mundial de su calidad sensorial. Las tendencias actuales del mercado, orientadas al consumo de productos especiales y asociados a las buenas prácticas agrícolas, ha generado el interés de los caficultores en dar valor agregado a su producto mediante estrategias como la Denominación de Origen y Certificación Ecológica. La Sierra Nevada de Santa Marta es una reconocida

región productora de miel y café, que actualmente adelanta programas de certificación de sus cultivos como orgánicos. Considerando el efecto de las modificaciones del entorno botánico del apiario sobre la composición de la miel, el objetivo de este trabajo fue establecer diferencias entre los parámetros físicoquímicos de calidad de la miel originaria de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta respecto al tipo de cultivo de procedencia (orgánico ó convencional).

Se recolectaron 93 muestras de miel provenientes de ambos tipos de cultivo y se evaluaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: humedad, sólidos solubles, pH, acidez libre, rotación específica, número de diastasa, cenizas e hidroximetilfurfural. Los resultados fueron sometidos a prueba *t-student* para establecer la existencia de diferencias significativas, según el tipo de cultivo de procedencia, con un nivel de confianza del 95%. Se encontró que las mieles procedentes de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta cumplen con la normatividad nacional e internacional para mieles tropicales y que no se presentan diferencias significativas en los parámetros estudiados relacionados con el tipo de cultivo de procedencia.

Palabras clave: Cultivo convencional, cultivo orgánico, origen geográfico, café.

Abstract. Coffee is one of the most important Colombian products due to the global recognition of its sensory quality. Current trends in market, oriented to consume of special products and products associated to good agricultural practices, has generated interest from coffee growers in adding value to their product through strategies such as Designation of Origin and Ecological Certification. Sierra Nevada de Santa Marta is a recognized honey and coffee productive region, which currently promotes programs to certify their crops as organic. Considering the effect which could have the modifications of the botanic environment of the apiary on the composition of honey, the aim of this study was to establish differences between the physicochemical parameters of quality of honey from coffee crops from Sierra Nevada de Santa Marta respect to kind of crop of origin (organic or conventional). 93 honey samples from both kinds of crops were collected, and the following physicochemical parameters were evaluated: moisture, soluble solids, pH, free acidity, hydroxymethylfurfural, ashes, specific rotation and diastase number. Results were subjected to a *t-student* test in order to establish the existence of significant differences according to the kind of crop of origin with a confidence level of 95 %. It was found that honey from coffee plantations in the Sierra Nevada de Santa Marta comply with national and international standards for tropical honeys and no significant differences were noticed in the parameters here studied related to the kind of crop of origin.

Key words: Conventional culture, organic culture, geographic origin, coffee.

INTRODUCCIÓN

Colombia es el tercer mayor productor de café a nivel mundial (International Coffee Organization, 2014). Su alta calidad y reconocidas características organolépticas lo han convertido en un producto altamente apetecido a nivel internacional, Las

actuales tendencias del mercado se inclinan hacia el consumo de alimentos libres de sustancias potencialmente perjudiciales para la salud, lo cual ha desencadenado estrategias orientadas a garantizar dichos requerimientos. Iniciativas como la certificación ecológica, han adquirido una creciente popularidad como mecanismo para generar valor a los productos agrícolas (Blackman, 2012). En Colombia, la Sierra Nevada de Santa Marta es una reconocida región productora de café, con una creciente asimilación y formalización de prácticas orgánicas; la apicultura está estrechamente asociada a los rendimientos del cultivo de café. El creciente número de fincas cafeteras con certificación orgánica en la Sierra, ofrece una gran oportunidad para el reconocimiento de atributos de calidad a la miel cosechada en esta región. Por otra parte, la miel es producida por las abejas a partir del néctar de flores (miel de néctar) y de secreciones de plantas e insectos (miel de mielato) (Habib *et al.*, 2014) and compare it with 5 different honeys from non-arid regions. Mean values obtained for physicochemical parameters were: pH 4.76±0.55; 17.32±11.8% moisture; 80.95±11.60±0.0Brix sugar; 69.05±14.41% total sugar; 413.81±1178.48±0.3cScm(-1. Las abejas entran en contacto con el aire, el agua, el suelo y la vegetación circundante al apiario en un área de al menos 7 km², de modo que las particularidades en la composición de éstos factores son reflejadas en las características de la miel (Chua *et al.*, 2012). Dadas las implicaciones que tienen las alteraciones que sufre en entorno circundante al apiario en la composición de la miel, el objetivo de este trabajo fue establecer la variación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de la miel originaria de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta, respecto al tipo de cultivo de procedencia (orgánico y convencional).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 93 muestras de miel provenientes de cultivo de café orgánico (59) y convencional (34) de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), cosechadas durante 2012 y 2013. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados de acuerdo a las siguientes metodologías: humedad y sólidos solubles (AOAC 969.38, 2005), pH y acidez libre (Díaz *et al.*, 2009), rotación específica (AOAC 920.182, 2005), número de diastasa (Bogdanov *et al.*, 1997), cenizas (AOAC 920.181, 2005) e hidroximetilfurfural (AOAC 980.23, 2005). Para establecer la existencia de diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas respecto al tipo de cultivo de procedencia de la miel se empleó una prueba *t-student* con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de la miel de la Sierra Nevada de Santa Marta

Parámetro	Unidades	Valor de Referencia	Cultivo Orgánico	Cultivo Convencional	Valor p
Humedad	%	< 21 *	17,62 ± 00,73	17,81 ± 0.81	0,284
Sólidos Solubles	°Brix	-	80,18 ± 00,68	80,04 ± 0.69	0,358
pH	-	-	03,71 ± 00,22	03,70 ± 0.19	0,778
Acidez libre	meq/kg	< 50 *	43,29 ± 04,42	43,68 ± 3.65	0,652
Rotación Específica	-	Levógira **	-09,16 ± 01,63	-09,09 ± 1.79	0,876
Cenizas (%)	%	< 0,6 *	00,20 ± 00,05	00,19 ± 0.04	0,253
Diastasa	DN	> 8,0	14,75 ± 06,36	15,18 ± 6.69	0,782
HMF	mg/kg	< 60,0 *	13,58 ± 13,10	13,44 ± 10.08	0,964

En la tabla se reporta Promedio ± Desviación estándar. *(Ministerio de Protección Social, 2010) **(Dincov, 2003)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestran los parámetros fisicoquímicos de la miel de la Sierra Nevada de Santa Marta, de acuerdo con el tipo de cultivo de procedencia. Como se puede observar, los parámetros de humedad, acidez libre, cenizas, diastasa e hidroximetilfurfural se encuentran dentro de lo establecido por la normatividad colombiana (Ministerio de la Protección Social, 2010), y la rotación específica cumple con lo reportado por la literatura para miel floral (Dincov, 2003).

Estadísticamente se aprecia que no existen diferencias significativas para los parámetros de calidad estudiados entre las mieles de origen orgánico y convencional. Por un lado, es posible considerar que el área que recorren las abejas durante la recolección del néctar para la elaboración de miel no está cubierta exclusivamente por un solo tipo de cultivo y que la miel producida estaría elaborada a partir de un néctar colectado tanto por floración de vegetación de cultivo convencional como orgánico. Este resultado también podría indicar que los cambios en las técnicas de manejos específicos de cada tipo de cultivo (orgánicos o convencional) no tienen un efecto directo sobre la floración actual, lo cual debe ser corroborado con estudios de calendarios florales, o que aunque algunos cultivos no tienen formalmente una certificación orgánica, en la realidad están aplicando este tipo de prácticas debido a las tendencias del entorno. El efecto del uso de plaguicidas se deberá verificar para confirmar estos resultados.

CONCLUSIONES

No se presentan diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de la miel proveniente de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta asociados al tipo de cultivo

de café de procedencia y todas ellas cumplen requisitos de la normatividad nacional e internacional. Estos resultados pueden indicar la generalización en el mejoramiento de las prácticas agrícolas en el cultivo de café de esta región. Los resultados merecen una confirmación mediante la evaluación de residuos de pesticidas en estas mieles.

BIBLIOGRAFÍA

- International Coffee Organization, 2014. Informe mensual del mercado de Café – Enero de 2014. En: Documentos de la página Web [http://dev.ico.org/documents_c.asp]. Consulta: Marzo de 2014.
- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Association Official Analytical Chemists.
- Blackman A., M.A. Naranjo. 2012. Does eco-certification have environmental benefits? Organic coffee in Costa Rica. 83: 58-66
- Bogdanov S., P. Martin, C. Luellmann. 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission.
- Chua, L.S., N.L. Abdul-Rahaman, M.R. Sarmidi, and R. Aziz 2012. Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia. Food Chemistry 135(3):880-887.
- Diaz, C., C. Zuluaga, C. Fuenmayor, and T. Martinez.. 2009. Special features of pollen production in Colombia. En Memorias: Apimondia. Montpellier. France.
- Dinkov D. 2003. A scientific note on the specific optical rotation of three honey types from Bulgaria. Apidologie 34(3): 319-320.
- Habib H.M., F.T. Al Meqbali, H. Kamal, U.D. Souka and W.H. Ibrahim. 2014. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. Food Chemistry 153:35-43.
- Ministerio de la Protección Social. Resolución 1057 de 2010. 1-9.

Contenido Mineral de Mielles Originarias de Cultivos Cafeteros de la Sierra Nevada de Santa Marta

Mineral Content of Honey from Coffee Crops from Sierra Nevada de Santa Marta

Andrea Nieto¹; Yuly Correa²; Jairo M. García³ y Consuelo Díaz-M. ⁴

1 Ingeniera Química, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, canietov@unal.edu.co.

2 Estudiante de Maestría en Ciencias Farmacéuticas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, yxcorreag@unal.edu.co.

3 Representante Legal Apisierra, Santa Marta, Colombia, apisierra@gmail.com

4 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, amcdiazmo@unal.edu.co

Resumen. La orientación actual del mercado hacia el consumo de alimentos libres de sustancias potencialmente nocivas para la salud ha fomentado iniciativas dirigidas a garantizar éstos requerimientos. El valor agregado que impone al producto la implementación de éstas estrategias, ha generado en los productores el interés por adecuar sus técnicas de producción para satisfacer tales demandas, siendo en Colombia los cultivos de café los de mayor reconocimiento por la puesta en marcha de cultivos de producción orgánica. Dada la estrecha relación de la apicultura con los rendimientos de los cafetales, los cambios asociados a la implementación de éstas técnicas son reflejados en productos como la miel. Los programas de certificación orgánica que actualmente se adelantan en la Sierra Nevada de Santa Marta, ofrecen la oportunidad de reconocer la variación en los atributos de la miel allí producida. El objetivo de este trabajo fue establecer la diferencia en el contenido de minerales, color, conductividad y cenizas de la miel originaria de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta, respecto al tipo de cultivo de procedencia (orgánico o convencional). Se recolectaron 93 muestras de miel provenientes de ambos tipos cultivos y se evaluaron las propiedades mencionadas. Los resultados fueron sometidos a una prueba t-student para establecer la existencia de diferencias significativas según el tipo de cultivo de procedencia con un nivel de confianza del 95%. Se encontró que el único parámetro que presenta diferencias significativas es el contenido de potasio, el cual es mayor en mieles procedentes de cultivos orgánicos.

Palabras clave: Cultivo convencional, cultivo orgánico, origen geográfico, café.

Abstract. Current market orientation towards consumption of food free of substances potentially harmful for health has fostered initiatives aimed at ensuring these requirements. The added value that imposes the implementation of these strategies to the product has resulted in the interest of farmers in adapt their production techniques to satisfy those demands, being in Colombia the coffee crops those of mayor

recognition by the implementation of organic production crops. Given the close relationship of beekeeping with coffee crop yields, changes in the environment associated with the implementation of this technical are reflected in products as honey. Certification programs for organic crops currently underway in the Sierra Nevada de Santa Marta, offer the opportunity to recognize the change in the attributes of honey produced there. The aim of this study was to establish the difference in the color, conductivity, ashes and mineral content of honey from coffee crops from Sierra Nevada de Santa Marta respect to the kind of crop of origin (organic or conventional). 93 honey samples from both kinds of crops were collected, and color, conductivity, ash and mineral content were evaluated. Results were subjected to a t-student test in order to establish the existence of significant differences according to the kind of crop of origin with a confidence level of 95%. It was found that the only parameter that differs significantly, linked to the kind of crop of origin was potassium, which has higher contents in honeys from organic crops.

Key words: Conventional culture, organic culture, geographic origin, coffee

INTRODUCCIÓN

La orientación del mercado hacia el consumo de alimentos libres de sustancias potencialmente nocivas para la salud ha fomentado iniciativas, dirigidas a garantizar éstos requerimientos. El valor agregado que impone al producto la implementación de éstas estrategias, ha generado en los productores el interés por adecuar sus técnicas de producción para satisfacer las demandas del consumidor (Blackman, 2012). El café colombiano es producido bajo estándares definidos de calidad en diversas zonas del país, algunas de ellas cuentan ya con sellos de calidad (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2010), mientras que otras se encuentran en proceso de certificación. El creciente número de fincas cafeteras con certificación orgánica en la Sierra

Nevada de Santa Marta ofrece una gran oportunidad para la identificación de atributos de calidad de la miel allí producida. La miel es producida por las abejas a partir del néctar de flores (miel de néctar) (Habib *et al.*, 2014) and compare it with 5 different honeys from non-arid regions. Mean values obtained for physicochemical parameters were: pH 4.76\00b10.55; 17.32\00b11.8% moisture; 80.95\00b11.60\00b0Brix sugar; 69.05\00b14.41% total sugar; 413.81\00b1178.48\00bcScm(-1 presentes en un área circundante al apiario de al menos 7 km², de modo tal que las variaciones en el ambiente se reflejan directamente en las características de la miel (Chua *et al.*, 2012). La absorción de los minerales presentes en el suelo y el entorno, es reflejado directamente en el contenido de minerales en la miel (Vanhanen *et al.*, 2011). Así mismo, es conocida la relación de las condiciones climáticas con la coloración de la miel y su relación con el contenido de minerales y la conductividad (Vanhanen *et al.*, 2011). Dadas las variaciones en las técnicas de cultivo asociadas a la adopción de las prácticas orgánicas y las implicaciones que esto tiene en la composición de la miel, el objetivo de este trabajo fue establecer la diferencia en el contenido de minerales, color, conductividad y cenizas de la miel originaria de cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta, respecto al tipo de cultivo de procedencia (orgánico o convencional).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 93 muestras de miel provenientes de cultivo de café orgánico (59) y convencional (34) de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), cosechadas durante 2012 y 2013. La cuantificación de los minerales fue realizada empleando espectrofotometría de absorción atómica de llama (AOAC

968.08, 2005). Los análisis fisicoquímicos fueron realizados de acuerdo a las siguientes metodologías: cenizas (AOAC 920.181, 2005), color (Fattori, 2004) y conductividad eléctrica (Anklam, 1998). Para establecer la existencia de diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas respecto al tipo de cultivo de procedencia de la miel se empleó una prueba *t-student* con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra el color, la conductividad, el contenido de cenizas y minerales de la miel de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), de acuerdo con el tipo de cultivo de procedencia.

Estadísticamente se aprecia que el contenido de potasio es el único parámetro que presenta diferencias significativas respecto al tipo de cultivo de origen ($P < 0,05$). Dada la estrecha relación presente entre la conductividad y el color con el contenido de minerales, reportada por la literatura (Vanhanen *et al.*, 2011), es posible considerar que existe una baja incidencia del contenido de potasio en estas dos propiedades, pues no logra generar diferenciación alguna de las mismas respecto al tipo de cultivo. A pesar de conocer que el potasio es el elemento presente en mayor proporción en la miel (Terrab *et al.*, 2004), no afecta directamente el contenido total de cenizas, pues en ésta propiedad tampoco se hizo evidente la diferenciación respecto al tipo de cultivo. El mayor contenido de potasio (aproximadamente 90 ppm) en mieles de procedencia orgánica, respecto a las originarias de cultivo convencional, puede ser un indicador de la diferenciación en el manejo de los suelos; las prácticas implementadas en los cultivos de origen orgánico pueden incrementar la disponibilidad del

Tabla 1. Contenido de minerales en miel producida en cafetales de la SNSM

Tipo de cultivo	Unidades	Cultivo Orgánico	Cultivo Convencional	Valor P
Color	mmPfund	066,7±18,39	067,38±014,22	0,843
Conductividad	μS/cm	524,42±90,33	530,29±107,79	0,798
Cenizas	%	000,20±0,05	000,19±000,04	0,253
Sodio	ppm	056,97±19,41	058,16±025,81	0,842
Potasio	ppm	391,38±180,83	304,53±151,57	0,032
Calcio	ppm	099,44±43,96	097,99±038,19	0,883
Hierro	ppm	002,58±01,96	003,00±002,39	0,442
Magnesio	ppm	020,79±06,99	023,34±008,65	0,217
Zinc	ppm	002,99±03,01	002,48±002,53	0,443

En la tabla se reporta promedio ± desviación estándar.

potasio en el suelo y el ambiente circundante, tal vez debido al uso de abonos y fertilizantes de con mayor contenido de éste elemento, favoreciendo su absorción en las plantas y su consecuente incremento en el néctar floral. En necesario entonces hacer un estudio más detallado que permita identificar los factores asociados al manejo de los cultivos orgánicos que incrementan el contenido de potasio en mieles originarias de ésta vegetación.

CONCLUSIONES

El contenido de potasio es el único parámetro que presenta diferencias significativas respecto al tipo de cultivo de origen posiblemente debido a su mayor disponibilidad y por ende mayor absorción por parte de las plantas respecto a los otros minerales. A pesar de la conocida relación de la conductividad, el color y las cenizas con el contenido de minerales, la incidencia del contenido de potasio en estas propiedades no es la suficiente para evidenciar la diferenciación de los dos tipos de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Anklam, E. 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey.

- Food Chemistry 63(4): 549–62.
- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, Association Official Analytical Chemists.
- Blackman A., M.A. Naranjo. 2012. Does eco-certification have environmental benefits? Organic coffee in Costa Rica. 83: 58–66
- Chua, L.S., N.L Abdul-Rahaman, M.R. Sarmidi and R. Aziz .2012. Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia. Food Chemistry 135(3):880–887.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2010. Garantía de Origen. En: Café de Colombia. [http://www.cafedecolombia.com]. Consulta: Marzo 2013.
- Habib, H.M., F.T. Al Meqbali, H. Kamal, U.D. Souka and W.H. Ibrahim. 2014. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. Food Chemistry 153:35–43.
- Terrab, A., A.F. Recamales, D. Hernanz and F.J. Heredia. 2004. Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. Food Chemistry 88(4):537–42.
- Vanhanen, L.P., A. Emmertz and G.P. Savage. 2011. Mineral Analysis of mono-floral New Zeland honey. Food Chemistry 128(1): 236–240.

Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas, Microbiológicas y Perfil Sensorial del Queso Paipa

Evaluation Physicochemical, Microbiological and Sensory Profile of Paipa Cheese

Mónica Patricia Osorio Tangarife; José Libardo Tapiero Cuellar¹; Guillermo Salamanca Grosso²

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Buga. jltapiero@gmail.com

2 Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Facultad de Ciencias-Departamento de Química. Universidad del Tolima. moniosorio@gmail.com, salamancagrosso@gmail.com

Resumen. La industria quesera dedicada al proceso de elaboración y estandarización de sus quesos está reglamentada por normas sanitarias que permiten mantener los estándares de calidad en el producto final. El queso Paipa es un alimento proyectado a denominación de origen en Colombia por sus atributos y características especiales de producción. Este trabajo permitió evaluar los parámetros físicoquímicos de humedad, proteínas, grasas, cloruros, cenizas, pH, acidez total, actividad de agua, color (CIElab), y su calidad microbiológica para aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales, mohos y levaduras (UFC/g) en 21 productos comerciales. Se clasifica en el grupo semiduro (56-68), de corteza delgada, opaca desde lisa a corrugada, textura semidura, ligeramente friable, sin arenosidad marcada

y adherencia media en el masticado. La humedad es de $47,4 \pm 3,40$ g/100g, acidez $1260 \pm 21,1$ meq/kg (pH 5,85), actividad de agua es de $0,946 \pm 0,005$; cloruros $1,61 \pm 0,20$ g/100g, aporte proteico de $21,0 \pm 2,40$ g/100. En el análisis macro y microscópico, se identificaron 6 géneros de mohos y 3 de levaduras, que facilitan la producción de metilcetonas. El tenor ácido es bajo, su aroma rancio característico, con marcada solubilidad y valor de retrogusto.

Palabras clave: Productos lácteos, color, microbiología.

Abstract. Cheese industry dedicated to process development and standardization of its cheese is regulated by health standards that maintain quality standards in the final product.

Paipa cheese is a projected appellation in Colombia for their special attributes and characteristics of food production. This work allowed us to evaluate the physicochemical parameters of moisture, protein, fat, chlorides, ash, pH, total acidity, water activity, color (CIElab), and microbiological quality for mesophilic aerobic, total and fecal coliforms, molds and yeasts (cfu / g) in 21 commercial products. It is classified in the group semi- opaque (6-68), thin crust, from smooth to corrugated, semi-hard texture, slightly friable, without marked grittiness and medium grip on the chew. The humidity is 47.4 ± 3.40 g/100g, 1260 ± 21.1 meq/Kg acidity (pH 5.85), water activity is 0.005 ± 0.946 ; chlorides 1.61 ± 0.20 g/100 g, protein content of 21.0 ± 2.40 g/100. In the macro and microscopic analysis, 6 kinds of molds and 3 yeasts, leading to the production of methyl ketones were identified. The tenor acid is low, its characteristic musty smell, with marked solubility and value aftertaste.

Key words: Milk products, color, microbiology

INTRODUCCIÓN

El queso Paipa, es el único, típico colombiano y autóctono del departamento de Boyacá que involucra operaciones de maduración. Este queso es reconocido en el mercado de los productos lácteos, cuya elaboración se remonta al siglo XIX, en la localidad de Paipa de donde toma la denominación de origen, (Finne *et al.*, 2004). La calidad y los atributos sensoriales del queso varían como consecuencia de la falta de estandarización en los procesos de fabricación y en la materia prima, (Fente *et al.*, 2002). El objetivo de este trabajo, permitió evaluar el proceso de elaboración del queso tipo Paipa y establecer parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos asociados a la calidad del producto para el consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistema de producción. En la producción del queso Paipa, la leche es analizada en su recepción mediante pruebas de plataforma para pH y acidez. La elaboración del producto va acompañada de un ligero proceso de pasteurización de la leche a 72°C por 15 segundos, a fin de inactivar la presencia de agentes microbianos patógenos con caída hasta 35°C. Posteriormente se adiciona cloruro de calcio (1000 mg/L) y la enzima de cuajado (renina) en medio líquido 1 mL/10L. El tiempo de cuajado se extiende por 45 min, luego se hace corte, desuerado y salado de la cuajada. (1,2 a 1,5 g/kg de pasta). Una vez prensado, se inicia con la maduración en bodegas a 65-70% HR, por un periodo de 20-30 días entre 16-20°C. Durante este espacio se verifica el punto de maduración, se valoran

sus atributos sensoriales de aspecto, aroma y color. Finalmente se dispone en ambiente fresco a 10°C, con el fin retardar el desarrollo de microorganismos e inhibir la actividad proteolítica.

Muestras. Se colectaron 21 muestras de 500 g de queso Paipa de 25 a 30 días de madurez de la zona de Paipa y Sotaquirá; estos se dispusieron en cámaras acondicionadas con hielo seco y se transportaron al laboratorio para su caracterización fisicoquímica, microbiológica y perfilación sensorial.

Análisis fisicoquímicos. Las muestras fueron evaluadas conforme a los protocolos de la AOAC, de fracción húmeda (X_w), sólidos totales (X_s) y fijos (Xf), densidad, pH, acidez total, lípidos y proteínas. Las determinaciones de textura se realizaron evaluando la fuerza mecánica a la ruptura de la corteza del queso en posiciones ecuatoriales y polares.

Microbiología. Se consideró el crecimiento de agentes microbianos sobre queso madurado disponiendo muestras a 25°C y humedad relativa del 93,6%, usando sal saturada de nitrato de potasio (a_w 0,9358). Para los análisis de aerobios mesófilos se usó agar plate count usando el método de recuento en placa y siembra en profundidad. Para mohos y levaduras se usó agar ogy con adición de oxytetraciclina y siembra por profundidad en placa con diluciones de $10^0 - 10^{-3}$ y agar YGC para levaduras, (Godic *et al.*, 2008). Para coliformes totales y fecales se utilizó el método de NMP/g a 35°C por 48 h, con diluciones de $10^0 - 10^{-3}$ utilizando campanas de Durham con caldo LTS, para identificar producción o ausencia de gas. Para el aislamiento de *Salmonella-Shigella*, se sembraron las muestras en agar SS, incubando a 18-24 h a 35°C.

Valoración sensorial. La perfilación de las muestras de queso Paipa fresco y madurado se acompañó de una muestra de queso Parmesano, siguiendo los criterios del Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA). Entre los parámetros evaluados, se consideró el aspecto exterior e interior, aroma, textura en boca y el gusto, (Vasek *et al.*, 2004) Se diseñó un formato de trabajo de cuatro módulos de 7 niveles cada uno. La escala de evaluación fue de excelente, muy bueno, bueno, aceptable, regular, deficiente y malo. Participaron en total 14 jueces semientrenados.

Análisis estadístico. La evaluación de los parámetros se realizó considerando el análisis de varianza de una vía con límites de confianza del 95%, usando el paquete estadístico JMP9™.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El queso tipo Paipa es un producto artesanal con implicaciones agroindustriales, se obtiene de ganado Holstein, Normando y Criollo y caracteriza por presentar un contenido de humedad entre 85 y 90 g/100g, niveles de grasa de 10 a 15 g/100g y proteína total de 3 a 6 g/100g. La maduración del producto es lenta y la evolución de aromas se dá durante el almacenamiento (Vasek *et al.*, 2004). El tipo de fermentación y la actividad enzimática son controladas por el pH, reduciendo la aparición de microorganismos silvestres que puedan incidir en la estabilidad del producto final. La temperatura del entorno, la humedad relativa y el oxígeno facilitan su desarrollo. Los dos parámetros más importantes son el resultado de la acidificación y el contenido de humedad; ambos varían con el tipo de queso. El pH de las muestras estuvo entre 4,9 y 5,2, resultados menores en relación al pH de los quesos frescos. El contenido de sal, es un factor determinante en la evolución de microorganismos. Los valores observados en el contenido de cloruros, son de 1,61 g/100 g. El tenor de acidez enmarca el producto como un alimento de carácter ácido con $1,260 \pm 21,1$ meg/kg (0,125% ácido láctico) y un pH de $5,15 \pm 0,20$. El tanto por ciento de la humedad promedio fue de $47,40 \pm 3,40$. La fracción grasa en base seca es de 45 a 48 g/100g que representa del 22 al 25 g/100g de grasa total; el contenido proteico de 21 a 24 g/100g. La denominación de éste queso, conforme a la humedad libre de materia grasa (HSMG), lo califican como un producto semiduro (56-68). Los minerales estuvieron del orden de $2,800 \pm 0,11\%$. El color está en función del proceso de maduración, con valores de luminancia significativamente más altos en el producto fresco respecto al madurado. En queso fresco (70,9), respecto del producto semimaduro (64,0) y madurado (52,6); la cromaticidad a^* (rojo/verde) evoluciona desde $-3,04 \pm 0,40$ a $1,67 \pm 2,80$ y b^* (amarillo/azul) de 24,1 a 30,6.

La evaluación microbiológica del producto terminado evidencia mohos de los géneros *Penicillium sp.*, *Geotrichum sp.*, *Mucor sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.* y *Phoma sp.*, las levaduras *Cryptococcus sp.*, *Candida sp.* y *Rodothorula sp.*, facilitan la producción de metilcetonas. Los recuentos de *Salmonella-Shigella* fueron ausentes,

permitiendo evidenciar que los procesos estuvieron bajo el uso de las BPM. El queso Paipa independiente de su forma, al final del proceso de maduración en la parte externa es de tonalidad amarillo pálido, corteza delgada, ligeramente opaco de liso a corrugado y textura semidura a firme, ligeramente friable, sin arenosidad marcada, adherencia media en el masticado. El tenor ácido es bajo, su aroma rancio característico, con marcada solubilidad y valor de retrogusto.

CONCLUSIONES

El queso Paipa se elabora bajo estándares de proceso hasta su maduración de tenor semimaduro, con un contenido medio de grasa. El trabajo ha permitido evaluar la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de éste importante producto que ha ganado mercado a nivel nacional e internacional. Los géneros de hongos identificados en este trabajo también han sido reportados para otros tipos de queso madurados como responsables de otorgar sus características organolépticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Fente, C., B. Vázquez, J. Rodríguez, C. Franco, E. Quinto y A. Cepeda. 2002. Microflora predominante en las queserías de arzúa (España). *Ciencia y Tecnología de alimentos*, 3:271-276
- Finne, C., I. Skaar, J. Brendehaug. 2004. Mould contamination in production of semi-hard cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 93(1): 41-49.
- Godic, K., T. Vengus. 2008. The presence of yeasts, moulds and aflatoxin M1 in raw milk and cheese in Slovenia. *Food Control*, 19(6): 570-577.
- Vasek, O., R. Cabrera, G. Coronel, G. Giori y A. Vusco. 2004. Análisis de riesgos en la elaboración de queso artesanal de corrientes (Argentina). *Facena*, 20:13-22.

Diagnóstico de *Listeria monocytogenes* en Ensaladas del Restaurante Central y Aledaños Universidad del Tolima

Listeria monocytogenes Diagnosis in Salads from the Central Restaurant at University of Tolima and Surroundings

Carlos Javier Puentes Pérez¹ y Martha Lily Ocampo Guerrero²

1 Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Grupo de Investigación en Genética y Biotecnología Vegetal y Microbiana - GEBIUT, Universidad del Tolima, Ibagué. cjavierpuentes@ut.edu.co

2 Profesor Titular, Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Laboratorio Microbiología y Micorrizas, Grupo de Investigación en Genética y Biotecnología Vegetal y Microbiana – GEBIUT, Universidad del Tolima, Ibagué. mlocampo@ut.edu.co

Resumen. La *Listeria monocytogenes* es un microorganismo emergente causal de la listeriosis, incluida dentro de las enfermedades transmitidas por alimentos ETA; siendo las mujeres embarazadas, los niños recién nacidos y los individuos inmuno-comprometidos los más susceptibles. El objetivo del estudio fue determinar la presencia de *L. monocytogenes* en ensaladas frescas listas para el consumo, servidas en el restaurante central de la Universidad del Tolima y en los restaurantes aledaños a esta institución. Se analizaron 47 muestras provenientes de cuchillos, bandejas, materia prima y las ensaladas. Se aplicaron encuestas con el fin de evaluar las condiciones de las BPM. Se realizó el análisis microbiológico para determinar la presencia de *L. monocytogenes*, de acuerdo a la norma ISO 11290-1. Aunque los resultados obtenidos no arrojan presencia de *L. monocytogenes* en este tipo de alimentos, la evaluación de las encuestas demuestran que las prácticas de manufactura fueron diferentes en cada una de los establecimientos muestreados.

Palabras clave: *Listeria monocytogenes*, listeriosis, inmunocomprometidos, patógeno, ensalada.

Abstract. *Listeria monocytogenes* is an emergent microorganism that causes listeriosis, included in the foodborne illness; being pregnant women, newborns and immunocompromised individuals the most susceptible. The objective of the study was to determine the presence of *L. monocytogenes* in ready to eat foods, served in the central restaurant at the University of Tolima and in the adjacent restaurants to this institution. 47 samples were analysed from knives, trays and raw material and finished salad. Surveys were applied in order to evaluate the conditions of the GMP. Microbiological analysis was realized to determine the presence of *L. monocytogenes*, according to the norm ISO 11290-1. Although the obtained results did not show the presence of *L. monocytogenes* in this kind of food, the evaluation of the surveys shows that the GMP were different in each of the sampled establishment.

Key words: *Listeria monocytogenes*, listeriosis, immunocompromised, pathogen, salad

INTRODUCCION

Listeria monocytogenes es el agente etiológico de la listeriosis, enfermedad que se presenta con una amplia gama de síntomas que van desde episodios severos de gastroenteritis en adultos sanos hasta serias lesiones del sistema nervioso central en personas inmunocomprometidas y neonatos (Vázquez *et al.*, 2001). Aunque la morbilidad de la listeriosis es relativamente baja, la mortalidad de la enfermedad sistémica/encefálica puede ser muy alta, con valores cercanos al 30% (OIE, 2004). Las poblaciones de riesgo son mujeres en estado de embarazo, ancianos, neonatos, personas inmunocomprometidas como consecuencia del cáncer, trasplantes renales, SIDA, diabetes, terapias inmunosupresoras y alcoholismo (Callejo *et al.*, 2008).

En Colombia, los estudios reportados de alimentos listos para el consumo como las ensaladas confirmaron la presencia de *L. monocytogenes* en lechugas y repollos frescos y procesados (Sarquis y Vergara, 1997). De acuerdo a un estudio que se realizó en el departamento del Tolima para la detección y aislamiento de *Listeria sp* en plantas de proceso y expendios de derivados cárnicos porcinos se encontró que de 235 muestras, 48 (20,4%) resultaron positivas para *Listeria sp* mostrando una alta proporción en longanizas (Castellanos, 2010). Un estudio realizado por Galindo (2011), reportó *Listeria* en quesillos y encontró que de 142 muestras de materia prima y utensilios, 16 de estas (53,33%) fueron positivas para *L. monocytogenes*, esto posiblemente se debe al inadecuado estado de las buenas prácticas de manufactura en los expendios. Sin embargo, no se cuenta con suficiente información sobre la incidencia *L. monocytogenes* en ensaladas que representen un factor de riesgo de originar brotes asociados al consumo de ensaladas crudas, debido a esto se genera la necesidad de conocer el estado actual de la calidad microbiológica en las ensaladas listas para el consumo y las prácticas de higiene que se llevan a cabo en el restaurante central de la Universidad del

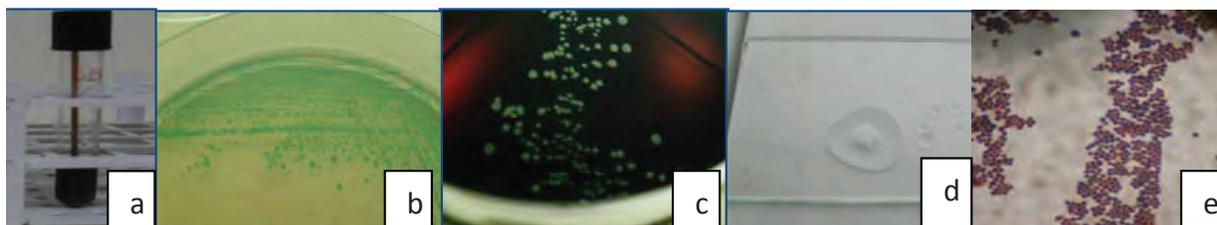


Figura 1: a. Caldo enriquecimiento Fraser positivo. b. Agar Brillante positivo. c. Agar Palcam positivo. d. Prueba catalasa positiva. e. Tinción de Gram cocos Gram positivos.

Tolima y en los restaurantes aledaños a ella. Los objetivos del estudio se basan en realizar el aislamiento e identificación de *L. monocytogenes* en muestras de superficies y de ensaladas listas para el consumo e identificar la susceptibilidad antimicrobiana de *L. monocytogenes*.

MATERIALES Y METODOS

Análisis microbiológico. Las muestras fueron colectadas en el restaurante central y los restaurantes aledaños a la Universidad del Tolima, se realizó el análisis microbiológico a 47 muestras provenientes de cuchillos, bandejas, materia prima y las ensaladas con el fin de determinar la presencia de *L. monocytogenes*, según la ISO 11290-1, en el Laboratorio de Microbiología y Micorrizas del grupo GEBIUT de la Universidad del Tolima

RESULTADOS Y DISCUSION

Se analizaron un total de 47 muestras tomadas de cuchillos, bandejas, materia prima, ensalada terminada y aderezo solo si le adicionaba, en 10 restaurantes ubicados en la Universidad del Tolima y aledaños a ella. De éstas, las 47 muestras (100 %) resultaron presuntivas positivas para *Listeria* en caldo Fraser con suplemento en la fase de pre-enriquecimiento y de enriquecimiento. Esto nos da una idea que las especies del genero *Listeria* tienen una alta capacidad de colonizar diferentes superficies y sobrevivir a condiciones estrés (Figura 1).

De las 47 muestras, 6 (12.8%) resultaron presuntamente positivas para *Listeria* en agar Chromogénico y 1 (2%) para agar Palcam (Figura 1). El cuchillo es el que presenta mayores posibles resultados positivos para *Listeria*, puede deberse a que este implemento tiene contacto con diferentes tipos de alimentos generando mayores probabilidades de contaminación cruzada.

Posteriormente se realizó la prueba de tinción de Gram en la cual ninguna de las muestras presentó bacilos o cocobacilos Gram +. De esta manera se descarta la presencia de *L. monocytogenes* en las 47 muestras realizadas en los restaurante central y aledaños a la Universidad del Tolima (Figura 1).

Esta es la primera evaluación de *Listeria monocytogenes* en ensaladas listas para el consumo que se realiza en la ciudad de Ibagué.

CONCLUSIONES

No se encontró presencia de *Listeria* y *Listeria monocytogenes* en los productos y superficies objeto de este estudio. El estado actual de las prácticas de manejo que se realizan en el restaurante central de la Universidad del Tolima es aceptable ya que se realizan adecuados procesos de limpieza, desinfección y cuidado del producto, pero en los aledaños a esta institución se refleja deficiencia en estos procedimientos.

BIBLIOGRAFIA

- Callejo, R., M. Prieto, M. Martínez, C. Aguerre, L. Rocca y F. Martínez. 2008. Manual de procedimientos, aislamiento, identificación y caracterización de *Listeria monocytogenes*. Centro Regional de Referencia del WHO Global SalmSurv para América del Sur. 41 p.
- Castellanos G. Jennifer Alejandra. 2010. Detección y resistencia antimicrobiana de *listeria monocytogenes* en derivados cárnicos porcinos en plantas de proceso, expendios y salsamentarias del departamento del Tolima. Documento de tesis para optar al título de bióloga. Grupo de Investigación en Genética y Biotecnología Vegetal de la Universidad del Tolima.
- Galindo, E. 2011. Diagnóstico de *Listeria* en quesillos y superficies de expendios en las plazas de mercado de la ciudad de Ibagué. Documento de tesis para optar al título de bióloga.
- Manual de la OIE sobre Animales Terrestres. 2004. Capítulo 2.10.14 *Listeria monocytogenes*. 1222-1237 p.
- Norma ISO 11290. 1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*.
- Sarquis, M. y L. Vergara. 1997. Identificación de *Listeria monocytogenes* en hortalizas crudas y procesadas (lechugas y repollos), Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento de Microbiología, Bogotá, Colombia.
- Vázquez, J. M. Kuhn, P. Berche, P. Chakraborty, T. Domínguez, G. Goebel, W. González, B. Wehland y J. Kreft. 2001. *Listeria Pathogenesis and Molecular Virulence Determinants*. Clinical Microbiology Reviews, American Society for Microbiology 14(3):584-640 .

Diversity of Toxigenic *Bacillus cereus* in Powder Milk

Diversidad de *Bacillus cereus* Toxigénicos en Leche en Polvo

Jennifer Sánchez¹; Margarita Correa O.²; Angel E Aceves-Diez³ y Laura M. Castañeda-Sandoval⁴.

1 Microbióloga Industrial y Ambiental. Universidad de Antioquia. Escuela de Microbiología. Grupo Microbiología Molecular. A.A. 1226, Medellín, Colombia. jennifer.sanchez561@gmail.com

2 Profesora titular. Universidad de Antioquia. Escuela de Microbiología.

Grupo Microbiología Molecular. A.A. 1226, Medellín, Colombia. mcorrea@quimbaya.udea.edu.co

3 Departamento de Investigación y Desarrollo, Laboratorios Minkab S.A. de C.V., Av. 18 de Marzo No. 546, Guadalajara, Jalisco, México. P.O. Box 44470. angel.aceves@minkab.com

4 Profesora titular. Universidad de Antioquia. Escuela de Microbiología. A.A. 1226, Medellín, Colombia. lauracastaneda@hotmail.com

Abstract. *Bacillus cereus* is a bacterium commonly isolated from food and produces multiple toxins such as hemolysin BL (HBL), non-hemolytic enterotoxin (NHE), cytotoxin K (CytK) and emetic toxin or cereulide that cause human food poisoning. The detection of *B. cereus* by traditional plating does not allow detecting the toxic potential and toxigenic diversity of the strains in food. Therefore, in this work, a multiplex PCR to direct detection of toxigenic *B. cereus* from powder milk samples collected in Medellín, Colombia, was applied. According to the pattern of toxic genes found in the samples, was possible to establish five different toxigenic consortia: I (*nheA*, *hblC*), II (*nheA*, *hblC*, *cytK*), III (*hblC*), IV (*hblC*, *cytK*) and V (*nheA*, *cesB*). These results suggest a wide diversity of toxigenic *B. cereus* in the evaluated samples.

Key words: Enterotoxins, emetic toxin, multiplex PCR, foodborne pathogen.

Resumen. *Bacillus cereus* es una bacteria comúnmente aislada de alimentos, la cual produce toxinas como la hemolisina BL (HBL), enterotoxina no hemolítica (NHE), citotoxina K y toxina emética o cereúlida, que causan intoxicaciones alimentarias al hombre. La detección de *B. cereus* mediante pruebas tradicionales de cultivo en placa no permite determinar el potencial tóxico y diversidad toxigénica de las cepas; por lo cual, en este trabajo se aplicó una PCR múltiple que permitió la detección directa de *B. cereus* toxigénicos en muestras de leche en polvo colectadas en Medellín, Colombia. De acuerdo a los patrones de genes tóxicos encontrados en las muestras, fue posible establecer cinco consorcios toxigénicos diferentes: I (*nheA*, *hblC*), II (*nheA*, *hblC*, *cytK*), III (*hblC*), IV (*hblC*, *cytK*) y V (*nheA*, *cesB*). Estos resultados sugieren una amplia diversidad de *B. cereus* toxigénicos en las muestras evaluadas.

Palabras clave: Enterotoxinas, toxina emética, PCR múltiple, patógeno de alimentos.

INTRODUCTION

Bacillus cereus is a Gram-positive, rod-shaped, spore-forming, motile bacterium that is commonly isolated from dried foods

such as milk powder and farinaceous products contaminated with spores that germinate when in contact with water during food preparation, leading to spoilage or food poisoning (Logan, 2012). *B. cereus* may produce multiple toxins; diarrheal enterotoxins such as hemolysin BL (HBL), non-hemolytic enterotoxin (NHE), and cytotoxin K (CytK) are produced after colonization of the human small intestine by this microorganism (Bhunja, 2008). The emetic or cereulide toxin (*ces*) is produced in the foods before consumption (Granum, 2005).

The detection of *B. cereus* is performed by traditional plating and biochemical assays that are time-consuming and do not allow detecting the toxic potential and toxigenic diversity of the strains (Bhunja, 2008) in food. Molecular approaches currently available, for example multiplex PCR, are inexpensive and easy to perform alternatives that could be used to assess the diversity of toxigenic *B. cereus* in food (Ehling-Schulz *et al.*, 2004). Therefore, the aim of this study was to assess the diversity of toxigenic *B. cereus* by multiplex PCR from powder milk samples collected in Medellín, Colombia.

MATERIALS AND METHODS

Bacterial strains. The reference strains ATCC 14579 (*hbl*, *nhe*, *cytK*), NVH 1230/88 (*hbl*, *nhe*, *cytK*), NVH 1257 (*ces*) and F4810/72 (*ces*) were used for the standardization of molecular techniques.

Sample preparation. 25 g of powder milk were dissolved in sterile distilled water and filtered through Whatman N°1 filter. The resulting supernatant, which contained the spores and cells of *B. cereus* was centrifuged at 6000 *g* for 30 min and the pellet used for DNA extraction.

DNA extraction. DNA was extracted according to a methodology previously described (D'Alessandro, 2007).

Primers. The primer pairs used in this work were selected after previous laboratory screening of several reported primers (Table 1).

Table 1. Characteristics of PCR primers used for multiplex detection of *B. cereus* toxin genes

Target gene	Primer	Primer sequence (5' → 3')	Product size (bp)	Primer position	GenBank accession number	Reference
hblC	hblCF 1318 hblCR 1728	CGAAAATTAGGTGCGCAATC TAATATGCCTTGGCAGTTG	411	1318- 1337 1709-1728	U63928	(Moravek <i>et al.</i> , 2004)
nheA	nheAF 430 nheAR 1185	ACGAATGTAATTTGAGTCGC TACGCTAAGGAGGGGCA	755	430-449 1166-1185	Y19005	(Guinebretiere <i>et al.</i> , 2002)
cesB	cesF 21816 cesR 23087	GGTGACACATTATCATATAAGGTG GTAAGCGAACCTGTCTGTAACAACA	1271	21816-21839 23063-23087	DQ360825	(Ehling-Schulz <i>et al.</i> , 2005b)
CytK	cytK F2 cytK R2	CGACGTCACAAGTTGTAACA CGTGTGTAATACCCAGTT	565	286-305 850-831	AJ318876.2	(Ngamwongsatit <i>et al.</i> , 2008)
16S rDNA	ITSF 8 ITSR 1511	AGAGTTTGATCCTGGCTCA CGGCTACCTGTTACGAC	1514	9200-9218 10713-10696	CP001407.1	(Ehling-Schulz <i>et al.</i> , 2005a)

Multiplex PCR. The final reaction mixture (16 μ L) consisted of 0.6 mM dNTPs mix, 4 mM MgCl₂, 0.2 μ M forward and reverse primers for amplification of hblC, nheA, cesB and cytK genes (0.1 μ M for ITS1), 1.3 U of Taq platinum polymerase (Invitrogen), 1.6 μ L 10 \times reaction buffer and 100 ng of DNA template extracted directly from the samples. Amplification was performed on a G-Storm GS482 thermocycler with an initial denaturation step at 94 °C for 5 min, followed by 40 cycles of 1 min denaturation at 94 °C, 40 annealing at 49 °C and 2 min elongation at 72 °C, and final incubation at 72 °C for 10 min.

Test to evaluate specificity. The specificity of the multiplex PCR was evaluated by amplifying the DNA of various bacterial strains that are considered important in food safety, such as *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*.

RESULTS AND DISCUSSION

Amplified fragments for reference strains corresponding to *hblC*, *nheA*, *cesB*, *cytK* and the internal control ITS1 were obtained and confirmed by sequencing. High homology values were obtained (95–100%) when these sequences were compared with sequences in GenBank, indicating that the amplified products were those expected. The multiplex PCR showed high specificity since the toxigenic genes were amplified only in the *B. cereus* reference strains.

Sixty four samples (85.3%) of 75 powder milk samples evaluated in the multiplex PCR were contaminated with toxigenic *B. cereus*. The most predominant toxin gene was *hblC* (81.3%), followed by *nheA* (46.7%), *cytK* (17.3%) and *cesB* (4%). These results are in agreement with those previously reported for *B. cereus* strains isolated from powder milk in Brazil and Kenya for *hblC*, *nheA* and *cytK* toxin genes (Chaves *et al.*, 2011; Ombui *et al.*,

2008). Remarkably, the *cesB* toxin gene has not been previously reported. In addition, with the results obtained was possible to establish five different toxigenic consortia, according to the pattern of toxic genes found in the samples (Table 2).

Table 2. Toxin gene consortiums in powder milk samples.

Toxin gene consortiums	Positive samples n (%)	Genes
I	20 (31.25)	nheA, hblC
II	12 (18.75)	nheA, hblC, cytK
III	28 (43.75)	hblC
IV	1 (1.56)	hblC, cytK
V	3 (4.69)	nheA, cesB

CONCLUSIONS

A broad diversity of toxigenic *B. cereus* in samples of powder milk collected in Medellín, Colombia was found by the application of a molecular test such as the multiplex PCR. The above could not be assessed by traditional plating and biochemical assays.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was funded by the Administrative Department of Science, Technology and Innovation (COLCIENCIAS) and the University of Antioquia, Colombia.

BIBLIOGRAPHY

- Bhunja, A. 2008. *Bacillus cereus* and *Bacillus anthracis*, pp. 135-148. En Bhunja, A. (ed.). "Foodborne Microbial Pathogens: Mechanisms and Pathogenesis". Springer Science+Business Media, New York. 276 p.
- Chaves, J.Q., E.S. Pires and A.M. Vivoni. 2011. Genetic diversity, antimicrobial resistance and toxigenic profiles

- of *Bacillus cereus* isolated from food in Brazil over three decades. *Journal of Food Microbiology* 147(1): 12-16.
- D'Alessandro, B., K. Antúnez., C. Piccini and P. Zunino. 2007. DNA extraction and PCR detection of *Paenibacillus* larvae spores from naturally contaminated honey and bees using spore-decoating and freeze-thawing techniques. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23 (4): 593-597.
- Ehling-Schulz, M., M. Fricker and S. Scherer. 2004. Identification of emetic toxin producing *Bacillus cereus* strains by a novel molecular assay. *FEMS Microbiology Letters* 232(2): 189-195.
- Ehling-Schulz, M., B. Svensson, M.H. Guinebretere, T. Lindback, M. Andersson, A. Schulz., M. Fricker, A. Christiansson, P.E. Granum, E. Martlbauer, C. Nguyen-The, M. Salkinoja-Salonen. and S. Scherer. 2005a. Emetic toxin formation of *Bacillus cereus* is restricted to a single evolutionary lineage of closely related strains. *Microbiology* 151(1): 183-197.
- Ehling-Schulz, M., N. Vukov, A. Schulz, R. Shaheen, M. Andersson, E. Martlbauer and S. Scherer. 2005b. Identification and partial characterization of the nonribosomal peptide synthetase gene responsible for cereulide production in emetic *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology* 71(1): 105-113.
- Granum, P. 2005. *Bacillus cereus*, pp. 409-419. P. En Fratamico., A. Bhunia., J. Smith. (eds.), "Foodborne Pathogens: Microbiology and Molecular Biology". Caister Academic Press, Wymondham.
- Guinebretere, M.H., V. Broussolle and C. Nguyen-The. 2002. Enterotoxigenic profiles of food-poisoning and food-borne *Bacillus cereus* strains. *Journal of Clinical Microbiology* 40(8): 3053-3056.
- Logan, N.A. 2012. *Bacillus* and relatives in foodborne illness. *Journal of Applied Microbiology* 112(3): 417-429.
- Moravek, M., M. Wegscheider, A. Schulz., R. Dietrich, C. Burk. and E. Martlbauer. 2004. Colony immunoblot assay for the detection of hemolysin BL enterotoxin producing *Bacillus cereus*. *FEMS Microbiology Letters* 238(1): 107-113.
- Ngamwongsatit, P., W. Buasri, P. Pianariyanon, C. Pulsrikarn, M. Ohba, A. Assavanig and W. Panbangred. 2008. Broad distribution of enterotoxin genes (*hblCDA*, *nheABC*, *cytK*, and *entFM*) among *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus* as shown by novel primers. *International Journal of Food Microbiology* 121(3): 352-356.
- Ombui, J., J. Gitahi and M. Gicheru. 2008. Direct detection of *Bacillus cereus* enterotoxin genes in food by multiplex Polymerase Chain Reaction. *International Journal of*

Calidad de las Harinas de Corozo Producidas por Deshidratación

Quality of the Corozo Flours Produced Trough the Drying

Eliana J. Sanjinez Argandoña¹; Camila A.C. Correia² y Ivanise G. Branco³

¹ Profesor. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados – Itaum, Km 12 – Cidade Universitária. Caixa Postal 533 – CEP: 79.804-970, Dourados/MS– Brasil
elianaargandona@ufgd.edu.br

² Estudante de Pós-graduação. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados – Itaum, Km 12 – Cidade Universitária. Caixa Postal 533 – CEP: 79.804-970, Dourados/MS– Brasil
camilacorreia.ufgd@gmail.com

³ Professor. Faculdade de Ciências e Letras de Assis. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Av. Dom Antônio, 2100 Assis, SP – Brasil
ivanisebranco@bol.com.br

Resumen. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de la harina de la pulpa de corozo (*Acrocomia aculeata (jacq.) lodd*) de frutos procedentes de tres diferentes localidades brasileñas. Fueron evaluados los constituyentes nutricionales, el pH, la actividad de agua y flora microbiana presente. El rendimiento del proceso de secado también fue evaluado. Las harinas de los frutos de corozo presentaron baja humedad, baja actividad de agua y alto contenido de minerales. Todas las harinas fueron consideradas como productos de baja acidez. Los valores encontrados para coliformes fecales, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella sp.*, mohos y levaduras estaban dentro de los padrones establecidos por la legislación brasileña, lo que permite que

el producto sea considerado apropiado para el consumo. Los frutos de dos localidades proporcionaron rendimiento de pulpa con potencial de aplicación industrial.

Palabras clave: *Acrocomia aculeata*, deshidratación, seguridad microbiológica.

Abstract. The aim of this work was to evaluate the quality of corozo (*Acrocomia aculeata (jacq.) lodd*) pulp flour originated from three different brazilian localities. The nutritional constituents, pH, water activity and microbial flora were tested. The drying performance was also evaluated. Corozo flours of the fruits presented low humidity, low water activity and high mineral content. All meals were considered

low acid products. The values found for fecal coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella sp.*, molds and yeasts were within the standards established by the Brazilian legislation, which allows the product to be considered suitable for consumption. The fruits of two locations provided pulp yield with potential for industrial application.

Key words: *Acrocomia aculeata*, dehydration, microbiological safety.

INTRODUCCIÓN

En los ambientes de la sabana se encuentra gran diversidad de plantas frutales nativas o adaptadas con alto potencial para el aprovechamiento agroindustrial. Entre esas especies la palmera (*Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd) presenta frutos denominados de corozo, macaúba o bocaiuva, muy apreciados por el hombre, la fauna doméstica y silvestre, siendo consumidos frescos o en la forma de jugos, dulces, helados, entre otros (Hiane *et al.*, 2006). La pulpa del fruto maduro presenta coloración amarillo-naranja lo que sugiere presencia de carotenoides (Lescano, 2013), además de otros constituyentes con valor nutricional favoreciendo su uso en la alimentación. Algunas comunidades del pantanal brasileño elaboran la harina de corozo de forma artesanal exponiendo la pulpa del fruto al sol sin ningún control operacional, lo que compromete la calidad del producto. De lo expuesto, el objetivo del trabajo fue determinar la calidad de las harinas de la pulpa de los frutos de corozo oriundos de tres regiones del Brasil, visando su utilización en la fabricación de nuevos productos alimenticios, como productos de panificación para celíacos, productos prebióticos, recubrimientos comestibles, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos maduros de corozo (*Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd), fueron colectados (30 kg) en las localidades de Dourados, Bodoquena y Corumbá, ciudades del Estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil. Los frutos fueron seleccionados de acuerdo a su color uniforme, tamaño homogéneo y ausencia de daños físicos. Los mismos se lavaron y sanitizaron con agua clorada (5% de cloro activo) y se separó el mesocarpio (pulpa) manualmente. La pulpa fue deshidrata en secador con flujo de aire caliente a 60 °C durante 8 horas. El producto seco fue desintegrado en molino de cuchillos y tamizado en malla de 250 µm de abertura para obtener harina con granulometría uniforme. Las harinas fueron colocadas en bolsas de polietileno y almacenadas a 25 °C protegidas de la luz hasta el momento de uso.

Se determinaron en la pulpa y la harina los contenidos de humedad, minerales, proteínas, lípidos y fibras (AOAC, 2000).

Los carbohidratos se determinaron por diferencia. La actividad del agua y el pH se determinaron por higrómetro (Aqualab CX-2) y potenciómetro, respectivamente. Coliformes, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, hongos filamentosos y levaduras (Brasil, 2001) se evaluaron. El rendimiento de las harinas fue calculado por la relación entre la masa de la pulpa fresca y la masa de la harina, en porcentaje. Para el análisis de los datos se utilizó el ANOVA. Los valores medios de los resultados fueron comparados por el test de Tukey (P 0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las características químicas e físicas de la pulpa y de la harina de corozo provenientes de tres regiones de Brasil.

Tabla 1. Características químicas y físicas de la harina de la pulpa de los frutos de corozo oriundos de Dourados, Bodoquena y Corumbá del Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Características	Dourados	Bodoquena	Corumbá
Humedad (%)	4,80±0,11	5,73±1,24	3,13±0,16
Minerales (%)	2,94±0,01	3,58±0,05	4,79±0,01
Proteínas (%)	5,23±0,46	3,09±0,04a	5,30±0,12
Lípidos (%)	33,84±0,82 a	26,36±1,45b	27,15±1,06 b
Fibras (%)	26,29±1,14 a	24,30±1,07	23,07±0,95
Carbohidratos* (%)	32,05± 0,3 a	39,03 ±0,79	38.61±0,89
Actividad de agua	0,300±0,006	0,407±0,001	0,250±0,005
pH	5,31±0,01	5,45±0,00	5,52±0,00

Medias con letras iguales en la misma línea no difieren significativamente entre si al nivel de 5%. *Calculado por diferencia.

El contenido de humedad en las harinas se encuentran dentro de los padrones exigidos por la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria del Ministerio de Salud de Brasil que permite hasta 15% (Brasil, 2005). Las harinas de los frutos de corozo presentaron alto contenido de minerales. Ramos *et al.*, (2008) indica que en el corozo el potasio es el elemento en mayor concentración (776,37 mg/100g) seguido del calcio y del fósforo. Las diferencias observadas en relación al contenido de proteínas, lípidos y humedad pueden ser atribuidas a la disponibilidad de agua; Bodoquena presenta suelo más húmedo en relación a las localidades de Dourados y Corumbá. La remoción del agua hasta niveles de a_w de 0,60 elimina la posibilidad del crecimiento de patógenos, además de reducir las reacciones de deterioro, desde que mantenidas en condiciones adecuadas de conservación (Sarantópoulos y

Oliveira, 2001). No obstante, con el tiempo, pueden ocurrir reacciones de oxidación debido al alto contenido de lípidos.

Los niveles de fibras permiten inferir que las harinas pueden favorecer su uso en la elaboración de productos funcionales con alegaciones de alto contenido de fibra, considerando los efectos benéficos para la salud como la prevención de enfermedades cardiovasculares y *diabetes Mellitus* tipo 2 (Santos *et al*, 2006). Por el alto contenido de carbohidratos, la harina también puede ser aprovechada en la industria de insumos e ingredientes alimentarios. La harina de los frutos oriundos de Dourados presentó menor contenido de carbohidratos en relación a las harinas de los frutos de las otras localidades en función del contenido de lípidos (Tabla 1).

El intervalo de pH encontrado en las harinas (5,31 a 5,52) puede minimizar el oscurecimiento enzimático, visto que el pH óptimo para la actividad de la enzima se encuentra entre 6,0 e 7,0. La baja acidez observada favorece las características sensoriales por ser más agradable al paladar.

Tabla 2. Evaluación microbiológica en las harinas de la pulpa de los frutos de corozo de las localidades de Dourados, Bodoquena y Corumbá del Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Microorganismos	Dourados	Bodoquena	Corumbá
Coliformes fecales (UFC/g)	< 1,0 x 10	< 1,0 x 10	< 1,0 x 10
Salmonella	Ausente	Ausente	Ausente
Mohos y Levaduras (UFC/g)	4,0 x 10 ²	1,4 x 10 ³	1,6 x 10 ³
Staphylococcus aureus (UFC/g)	7,0 x 10	1,0 x 10	1,0 x 10
Bacillus cereus (UFC/g)	1,5 x 10 ²	2,5 x 10 ²	5,0 x 10 ²

La evaluación microbiológica de las harinas (Tabla 2) presenta valores inferiores a los límites establecidos por la legislación (Brasil, 2001). La escasa actividad microbiológica puede ser atribuida al bajo nivel de contaminación durante el procesado, manipulación y almacenaje, bien como, a las condiciones poco favorables para el desarrollo de microorganismos por la baja actividad de agua. La presencia de mohos y levaduras se encuentra inferior a las especificaciones microbiológicas de la Comisión Internacional para alimentos (ICMSF, 1997), que establece valores máximos de 10⁴ UFC/g. Con base en ese criterio, los resultados de la evaluación reflejan la calidad sanitaria de los productos analizados.

El rendimiento de las harinas fue de 35,14% (Bodoquena), 45,90% (Dourados) e 47,82% (Corumbá), lo que puede

favorecer su aplicación industrial. Las características específicas de cada región, pueden influir en el rendimiento. En relación a la pulpa, esta representa aproximadamente 42% del fruto entero (Chuba e Sanjinez Argandoña, 2011).

CONCLUSIONES

Las harinas procesadas a partir de la pulpa de corozo se mostraron adecuadas para ser utilizadas en la elaboración de productos alimenticios. La calidad microbiológica de las harinas obedecen los padrones establecidos por la legislación vigente siendo consideradas apropiadas para el consumo humano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación del estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 2000. Association Of Official Analytical Chemist. 17th, v. II, Arlington, VA. Brasil, 2005.
- Brasil, 2001. Resolução RDC nº 12, 02-01-2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, 2001. ANVISA, MS. Em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/anexos/anexos_res0012_02_01_2001.pdf. Consulta: diciembre 2013.
- Brasil, 2005. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos, 2005. ANVISA. Em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES. Consulta: diciembre 2013.
- Hiane, PA., PA. Baldasso, S. Marangoni and M.L.R. Macedo. 2006. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd., *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 26(3): 683-689.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 1997 "Establishment of microbiological safety criteria for foods in international trade. *Wld. Hlth. Statist. Quart.* 50: 119-123.
- Lescano, C.H. 2013. *Microencapsulação do Óleo da Bocaiuva (Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.) por Coacervação Complexa. Tesis Magister en Ciência e Tecnologia Ambiental. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 86 p.*
- Ramos, M.I.L., M .Ramos, PA. Hiane, J.A. Braga and E.M.A. Siqueira. 2008. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd, *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28:90-94
- Sarantópoulos, C.I. e E.C. Oliveira. 2001. *Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis*, Campinas, Brasil.
- Sanjinez, E. e C.A. Chuba. 2011. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal* 33(3): 1023-1028.
- Santos, C.R., E.S. Portella, S.S. Avila e E.A. Soares. 2006. Fatores dietéticos na prevenção e tratamento de comorbidades associados à síndrome metabólica. *Revista de Nutrição, Campinas* 19(3): 389-401.

Evaluación durante el Almacenamiento de la Viabilidad de un Probiótico en Barras de Cereal

Evaluation During Storage the Viability of a Probiotic in Cereal Bars

Liliana Serna- Cock¹; Jorge E. Angulo-López²; Jaiber H. Rodríguez-Llanos³

1 Docente Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, carrera 32 No 12 - 00 Chapinero Vía Candelaria lserna@unal.edu.co

2 y 3 Ingenieros Agroindustriales, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, carrera 32 No 12 - 00 Chapinero Vía Candelaria jeangulol@unal.edu.co, jaiber.rodriguez@gmail.com

Resumen. Se evaluaron en almacenamiento, barras de cereal probióticas empacadas en bolsas colaminadas bajo condiciones controladas (25°C y 75% de HR) por 30 días. Se midieron cambios en la viabilidad del probiótico (*W. confusa*), la humedad y la actividad de agua de las muestras. Se encontró que las barras perdieron su carácter probiótico en una semana de almacenamiento. La humedad y la actividad de agua (a_w) permanecieron constantes durante 30 días, con valores aceptables para este tipo de producto (máx. 12% de humedad y $a_w < 0,6$).

Palabras Clave: Plasmólisis, chocolate, *Weissella confusa*.

Abstract. Probiotic cereal bars, packed in bags colaminated under controlled conditions (25°C and% RH: 75%), for 30 days, were evaluated. Changes in the viability of the probiotic, in the moisture, and water activity were measured. Probiotic bars lose their probiotic character in a week of storage. Humidity and the water activity remained constant over 30 days, with acceptable values for this type of product.

Key words: plasmolysis, chocolate, *Weissella confusa*.

INTRODUCCION

Los cereales pueden estimular selectivamente el crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias presentes en el colon (Charalampopoulos *et al.*, 2002), por lo tanto los cereales son ideales para desarrollar productos probióticos, sin embargo, uno de los problemas que representa el desarrollo de probióticos en fases sólidas, es la pérdida del carácter probiótico del alimento durante el almacenamiento. La pérdida de viabilidad del probiótico puede ser causada por la composición del medio vehiculizante (Da Silva, 2011). Investigaciones indican que el recubrimiento de los probióticos microencapsulados en chocolate es una solución excelente para protegerlos contra condiciones de estrés (Do Espirito-Santo, 2011). Por lo anterior, en el presente trabajo se midieron cambios en la viabilidad del probiótico, en la humedad y en la actividad de agua de barras de cereal probióticas empacadas en bolsas

colaminadas, almacenadas bajo condiciones controladas (25°C y HR de 75%) durante 30 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la cepa probiótica y producción de la barra de cereal. Se utilizó la bacteria ácido láctica *Weissella confusa* crioconservada en glicerol (-18°C), obtenida en investigaciones previas (Serna *et al.*, 2010). Para obtener la biomasa probiótica necesaria para formular barras de cereales, se realizaron fermentaciones batch, en caldo De Man Rogosa Sharpe, agitadas elipsoidalmente a 120 rpm por 4 h (final de la fase exponencial) a 33 °C (VWR Incubating Orbital Shaker VWR model 5000I, USA). El pH se ajustó periódicamente a 6,0 utilizando una solución NaOH 1M. Se separó la biomasa de los metabolitos mediante centrifugación a 4°C, por 30 min a 2860 xg (Eppendorf Centrifuge-5804R, Germany). Posteriormente la biomasa se liofilizó (congelación a -20 °C, presión de vacío de 0,120 mBar, temperatura en el condensador de -50°C) y se adicionó en chocolate.

Las barras se produjeron siguiendo los métodos utilizados por Sun-Waterhouse *et al.*, (2010). Como medio de vehicularizar el probiótico se utilizó chocolate refinado para repostería (60%). Se garantizó que el probiótico estuviera en concentración de 10^6 a 10^9 microorganismos gramo de barra⁻¹. Las barras se empacaron individualmente en bolsas de colimidado de polipropileno (PP) con aluminio y se almacenaron en cámara ambiental (Dies, Colombia) a condiciones controladas (25°C y 75% de HR), durante 4 semanas.

Medición de variables de respuesta. La viabilidad del probiótico se midió cada semana durante cuatro semanas. Se realizó recuento en placa de células viables (UFC/mL) en agar MRS adicionado de azul de anilina, siguiendo los método descritos por la ICMSF, 2000. Las pruebas de viabilidad se realizaron por duplicado. Los resultados se expresaron como UFC g⁻¹. La humedad se determinó acorde al método estándar de la AOAC (934,01, 1990). La a_w se evaluó a temperatura ambiente en un AquaLab (Decagon Devices, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad del probiótico se muestra en la Figura 1. Una de las causas de la pérdida de viabilidad del probiótico puede ser el chocolate, el cual genera efecto hipertónico que causa plasmólisis sobre los microorganismos libres (Da Silva, 2011). Nuestros resultados difieren de la literatura científica, ya que investigaciones indican que el chocolate protege a los microorganismos de la plasmólisis, presentando supervivencia microbiana entre el 80 y el 90% (Do Espirito-Santo, 2011).

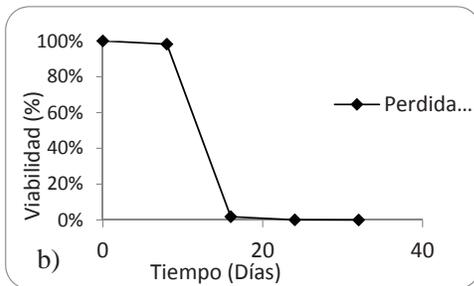
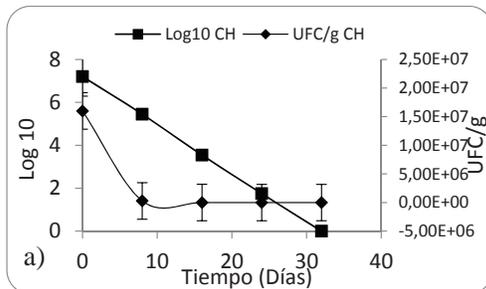


Figura 1. a) Viabilidad durante el almacenamiento;
b) Pérdida de viabilidad de *Weissella confusa* en barras de cereal probiótica durante almacenamiento (25°C, 75%HR, 4 semanas).

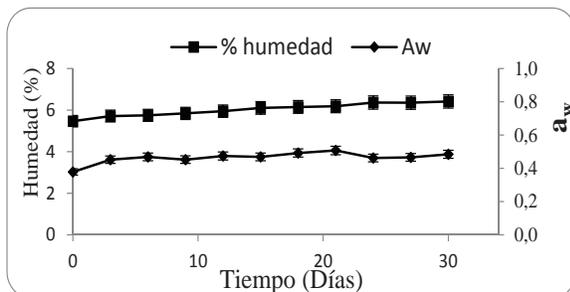


Figura 2. Cambios en el porcentaje de humedad y actividad de agua, durante el almacenamiento, de barras de cereal probióticas.

En la Figura 2, se presentan los cambios de humedad y de a_w durante el almacenamiento de las barras de cereal.

Los valores máximos de humedad y de a_w en la cuarta semana (Figura 2), están dentro de los parámetros establecidos para este tipo de productos (máx. 12% de humedad y $\leq 0,6 a_w$) (Da Silva, 2011). El empaque también jugó un rol importante en la estabilidad de la humedad y la a_w ya que el PP + aluminio es de baja transmisión de vapor de agua (0,62 gr/m²/24hr/atm).

CONCLUSIONES

Aún es un desafío encontrar el vehículo ideal para mantener vivas las bacterias probióticas en productos sólidos, ya que se pudo comprobar que barras de cereal perdieron completamente su carácter de probiótico en una semana de almacenamiento. La humedad y la actividad de barras de cereal probióticas durante almacenamiento, permanecieron dentro de los rangos aceptados para este tipo de producto. Además debe tenerse en cuenta las condiciones de liofilización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Colciencias y al Programa jóvenes investigadores e innovadores Virginia Gutierrez de Pineda.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Ed., Arlington, Virginia, USA
- Charalampopoulos, D., R. Wang and S. Pandiella. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology* 79(1-2): 131– 141.
- Da Silva, S.M. 2011. Incorporation of probiotics in cereal bars: technological viability and stability. Thesis presented to Escola Superior de Biotecnologia of the Universidade Católica Portuguesa to fulfill the requirements of Master of Science degree in Microbiology. 50 p.
- Do Espirito-Santo, A.P, P.Perego, A. Converti and M.N. Oliveira. 2011. Influence of food matrices on probiotic viability. A review focusing on the fruity Bases. *Trends in Food Science & Technology*. 22(7): 377-385
- ICMSF International Commission on Microbiological Specifications for Foods, of the International Union of Microbiological Societies. 2000. *Microorganismos de los Alimentos: su significado y metodos de enumeracion*. Segunda edicion. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Serna, L., L.Valencia, R. Campos. 2010. Cinética de fermentación y acción antimicrobiana de *Weissellaconfusa* contra *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae*. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 55: 53-63.
- Sun-Waterhouse, D., A. Teoh, C. Massarotto, R. Wibisono and S. Wadhwa. 2010. Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry* 119(4): 1369–1379.

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de extractos Etanólicos de Propóleo en Bacterias Patógenas

Determination of Minimum Inhibitory Concentration of Ethanolic Propolis Extracts in Pathogenic Bacteria.

Héctor Suarez Mahecha¹; Carolina Castillo Figueroa² y Viviana Sánchez Arévalo³

¹ Profesor Titular, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá hsuarezm@unal.edu.co .

² Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá iccastillof@unal.edu.co

³ Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca vcsancheza@gmail.com

Resumen. Con el fin de observar y evaluar la sensibilidad *in vitro* de los extractos etanólicos (EEP) frente a microorganismos patógenos como: *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, y *Bacillus cereus* (Cepas ATCC), fue determinada la concentración mínima inhibitoria (MIC) de extractos etanólicos de propóleos, por el método de difusión en agar, en concentraciones del 100, 80, 60, 40 y 20% p/v. Los resultados muestran que para los microorganismos *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* no fue encontrada una concentración mínima inhibitoria (MIC) de los extractos etanólicos de propóleos, mientras que para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, se describió una concentración mínima inhibitoria de 2 a 4 µg/mL del extracto etanólico de propóleos.

Palabras clave: Susceptibilidad bacteriana, antimicrobianos, patogenicidad.

Abstract. The purpose of this study was to observe and evaluate the *in vitro* sensibility of the ethanolic extracts (PEE) on the following pathogens microorganisms: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, and *Bacillus cereus*. In order to this, it was necessary to determinate the minimum inhibitory concentration (MIC) using the Agar diffusion method. The testing was done in concentrations of 100, 80, 60, 40 and 20%. The results showed that for *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis* microorganisms doesn't exist a minimum inhibitory concentration of ethanolic extracts of propolis. Whereas in the *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, was found a minimum inhibitory concentration of 2 a 4 µg/mL of ethanolic extracts of propolis.

Key words: Bacterial susceptibility, antimicrobial, pathogenicity.

INTRODUCCION

La concentración mínima inhibitoria (MIC) se conoce, como la menor concentración de una sustancia necesaria para impedir el crecimiento de un agente bacteriano (CLSI).

Actualmente son evaluados productos naturales, que puedan poseer componentes que tengan capacidad bactericida y sean efectivos frente a microorganismos de interés sanitario.

El propóleo es un producto resinoso sintetizado por abejas entre ellas la *Apis Mellifera*, con la intención de proporcionar mayor resistencia a sus colmenas, eliminar corrientes de aire, contra contaminantes externos y como sistema de barrera antimicrobiana. (Probst *et al.*, 2011). El efecto antimicrobiano de los propóleos, es atribuido en algunos casos a los flavonoides como la galangina y la pinocembrina; en extractos etanólicos de propóleos estos compuestos son significativamente más eficaces frente a bacterias que otros componentes (Martínez *et al.*, 2003). Sin embargo, los propóleos utilizados en este trabajo presentan como flavonoide la quercetina. En el presente artículo se propone un análisis preliminar de la concentración mínima inhibitoria de extractos etanólicos de propóleos por el método de difusión en placa.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una determinación preliminar de la concentración mínima inhibitoria (CMI) de extractos etanólicos de propóleo cepas bacterias patógenas, en el laboratorio de biotecnología y análisis microbiológico del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Extractos etanólicos de propóleos (EPP). Los ensayos microbiológicos fueron realizados con extractos etanólicos de propóleos, usando la extracción EPP (1:4; 1 g de propóleos/ 4 g. de alcohol) a diferentes concentraciones, mencionadas en la determinación de la concentración mínima inhibitoria.

Microorganismos. La concentración mínima inhibitoria de las muestras de propóleos fue evaluada frente a los microorganismos *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella*

enteritidis ATCC 13076, *Bacillus cereus* ATCC 11778, provenientes del cepario de microorganismos del laboratorio de análisis microbiológico del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) Universidad Nacional Sede Bogotá.

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MIC). Según la técnica de KIRBY – BAURER; Se llevó a cabo a partir de suspensiones de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, en tubos de agua peptonada, ajustados al patrón 0,5 de la escala Mc Farland, mediante comparación visual. A una concentración de 1×10^2 y 1×10^4 , para cada microorganismo. Estas diluciones fueron sembradas en agar Mueller Hilton, por triplicado, y posteriormente se colocaron los discos de filtro inoculados con concentraciones del extracto etanólico de propóleo (EPP) de 100, 80, 60, 40 y 20%, al igual que un control negativo de etanol al 95%. Luego fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas.

Análisis de datos. Debido a que la técnica de referencia para la determinación de la MIC, se realiza por otros métodos; con este estudio se determinó la CMI preliminarmente y cualitativamente como el rango de menor inhibición en mm, hasta el rango de mayor inhibición comparado con valores de referencias de los estándares de sensibilidad de la NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards) a antibióticos, para cada microorganismo, determinando así los datos obtenidos en el laboratorio como la menor concentración de extracto etanólico de propóleo frente a la cual los microorganismos evaluados no exhibieron crecimiento visible.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la concentración mínima inhibitoria (MIC) para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Bacillus cereus*, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentración mínima inhibitoria, de extractos etanólicos de propóleo.

MICROORGANISMO	TRATAMIENTO	10 ² (mm)	10 ⁴ (mm)	Clasificación
E. coli	100%	0	0	R
	80%	0	0	R
	60%	0	0	R
	40%	0	0	R
	20%	0	0	R
	alcohol 96%	0	0	-
S. aureus	100%	13	13	S
	80%	12	12,66	I
	60%	12,66	12,66	I

MICROORGANISMO	TRATAMIENTO	10 ² (mm)	10 ⁴ (mm)	Clasificación
	40%	11,33	11,33	I
	20%	11	10	I
	alcohol 96%	0	0	-
Salmonella enteritidis	100%	0	0	R
	80%	0	0	R
	60%	0	0	R
	40%	0	0	R
	20%	0	0	R
	alcohol 96%	0	0	-
Bacillus cereus	100%	10	14	I
	80%	8	13,66	I
	60%	7	13,33	I
	40%	4,33	11,33	I
	20%	3	6,33	R
	alcohol 96%	0	0	-

R: resistente. I: intermedio. S: sensible. (-) control negativo

Los resultados muestran que para los microorganismos *Escherichia coli*, y *Salmonella enteritidis* no se presentó inhibición, por lo tanto se clasifican como resistentes (R). En el caso de *Staphylococcus aureus* los diámetros de inhibición fueron comparados con los valores de sensibilidad de este microorganismo frente a oxaciclina NCCLS (2001) como R= ≤ 10 , I= 11-12 y S: ≥ 13 ; determinado MIC ($\mu\text{g/ml}$) R= ≤ 2 S= ≥ 4 . Para *Bacillus cereus*, se recomienda para la interpretación de los resultados de sensibilidad frente a penicilina usar los puntos de corte de *S. aureus* (Palavecino, 2002). Si una penicilina estable es probada, el agente de elección es la oxaciclina, siendo estos los mismos valores antes mencionados.

CONCLUSIONES

Para *Escherichia coli*, y *Salmonella enteritidis* no se presentó halo de inhibición, no hay una concentración mínima inhibitoria (MIC) de los extractos etanólicos de propóleo.

Para *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, se determinó una concentración mínima inhibitoria preliminar de entre 2 y 4 $\mu\text{g/ml}$ de extracto etanólico de propóleo; lo que sugiere que los extractos proponen ser un tratamiento eficiente contra estos microorganismos.

Se recomienda para un estudio posterior, realizar una estandarización de la prueba de difusión en disco, con extractos etanólicos de propóleo y la determinación de la concentración mínima inhibitoria por dilución en caldo.

BIBLIOGRAFIA

- Chaillou, L.L., H.A. Herrera, y J.F. Maidana. 2004. Estudios de propóleos de Santiago del Estero, Argentina. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 24(1):11-15.
- Carrillo, M.L., L.N Castillo y R. Mauricio. 2011. Evaluación de la Actividad Antimicrobiana de Extractos de Propóleos de la Huasteca Potosina (México). *Información Tecnológica* 22(5): 21-28. doi:10.4067/S0718-07642011000500004.
- NCCLS. 2001. Clinical Laboratory Standards Institute. Manual de Procedimientos Para la Determinación de la Sensibilidad a los Antimicrobianos en Bacterias aisladas de humano, CDC, NCCLS.
- Manrique, A.J. 2006. Actividad antimicrobiana de propóleos provenientes de dos zonas climáticas del estado Miranda, Venezuela. Efecto de la variación estacional. *Zootecnia Tropical* 24(1): 43-53.
- Martínez Telmo, Figueroa Judith, Martínez Nhora. 2003 Evaluación de la capacidad antimicrobiana de muestras de propoleo Colombiano, Tesis de grado, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia.
- Orsi R.O., J.M. Sforcin, V.L.M. Rall, S.R.C. Funari, L. Barbosa and J.R.A. Fernández. 2005. Susceptibility profile of Salmonella against the antibacterial activity of propolis produced in two regions of Brazil. *J. Animales y toxinas venenosas incluyendo Enfermedades Tropicales* 11(2): 109-116.
- Palavecino, E.R. 2002. Recomendaciones del Comité Nacional de Normas de Laboratorio Clínico, para el estudio de susceptibilidad en microorganismos fastidiosos y en microorganismos que presentan mecanismos de resistencia difíciles de detectar, *Rev Chil Infect* (2002); 19 (Supl. 2): S 129-134
- Probst, I.S., J.M. Sforcin, V.L Rall and A.A. Fernández. 2011. Antimicrobial activity of propolis and essential oils and synergism between these natural products. *J. Venom. Anim. Toxins* 17:159-167. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 17(2): 159-167. Retrieved November 27, 2013.

Actividad Antifúngica de los Extractos y Aceites Esenciales en el Control de *Aspergillus flavus* Link

*Antifungal Activity of Extracts and Essential Oils in Control of *Aspergillus flavus* link*

Juliana Arakaki Takemoto¹; Teresa Cristina Castilho Gorayeb² and João Cláudio Thoméo³

1 Undergraduated in Food Engineering in São Paulo State University - IBILCE, São José do Rio Preto juliana_arakaki@hotmail.com

2 Postgraduate in Food Engineering in Food Engineering in São Paulo State University - IBILCE, São José do Rio Preto tegorayeb@yahoo.com.br

3 Professor of Food Engineering in São Paulo State University - IBILCE, São José do Rio Preto thomeo@ibilce.unesp.br

Resumen. Para la evaluación de la viabilidad técnica de la aplicación de biofungicidas extraídos de plantas en el procesamiento de maní (*Arachis hypogaea* L.) con el fin de reducir la infestación de *Aspergillus flavus* L. y contaminación por aflatoxinas, extractos acuosos y alcohólicos y aceites esenciales se extraen de las siguientes plantas: clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). Las extracciones de extractos acuosos y alcohólicos se llevaron a cabo con la maceración de plantas secas en agua y en etanol, respectivamente, y la evaporación rotatoria posterior. Los aceites esenciales de las plantas utilizadas fueron extraídos a través hidroddestilación en Clevenger. Las soluciones de los extractos y aceites se prepararon a concentraciones de 50, 500, 5000 mg/mL. Para evaluar la eficacia de la inhibición, se utilizó la técnica de crecimiento del micelio. Los aceites presentaron mejor inhibición que los extractos, la concentración más baja de aceites de canela y clavo de olor inhibió totalmente el hongo.

Palabras clave: Aflatoxinas, biofungicidas, crecimiento de hongos.

Abstract. To evaluate the technical feasibility of applying biofungicides extracted from plants in the processing of peanut (*Arachis hypogaea* L.), in order to reduce infestation of *Aspergillus flavus* L. and subsequent aflatoxin contamination, essential oils, aqueous extracts and alcoholic extracts were extracted from the following plants: clove (*Syzygium aromaticum*), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and basil (*Ocimum basilicum*). The extractions of aqueous and alcoholic extracts were carried out with the maceration of dried plants in water and in ethanol, respectively, and subsequent rotary evaporation. Essential oils were extracted by hydrodistillation, with the Clevenger. The solutions of the extracts and oils were prepared at concentrations of 50, 500, 5000 mg/mL. To assess the efficiency of inhibition, the technique of mycelial growth was used. The oils exhibited

better inhibition than the extracts, in the lower concentration of the cinnamon and clove oils, the growth of the fungus was completely inhibited.

Key words: Aflatoxin, biofungicides, fungal growth.

INTRODUCTION

In the process of beneficiation the pods in peanut kernel, the quality and food safety are defined, in most cases, by the rate of contamination by aflatoxins produced mainly by *Aspergillus flavus* Link. (Ellis *et al.*, 1994; Simionato *et al.*, 2003).

In order to replace the chemical products, essential oils and aqueous and alcoholic extracts are being tested to control microbial proliferation. Characterized as secondary metabolites in plants, the oils have low toxicity and promising results for practical use in control of several pathogens (Franco and Bettiol, 2000). Another alternative is to use herbal extracts that possess antimicrobial properties (Tatsakjieu *et al.*, 2009).

In this context, the objective of this study was to evaluate the antifungal ability of aqueous and alcoholic extracts and

mg/mL were prepared. Then, they were incorporated into the PDA and poured into Petri dishes. In solidified culture medium, perforations of 3 mm diameter were made in the center of the plates and 5 μ L of a spore suspension, 10⁶ spores/mL, were placed. For the control, there was not any biofungicide. The diameter of the colonies was evaluated after 7 days and their measurements were taken with the aid of a caliper. For the calculation of the percentage inhibition of fungal growth, the following equation was used:

$$\text{Percentage inhibition of fungal growth} = (1 - Da / Db) \times 100 \quad (1)$$

Where Da and Db are, respectively, the average diameter of colonies under the action of biofungicides and the diameter control of the colonies.

RESULTS AND DISCUSSION

The extraction yield of the extracts is much higher than the oil, in all cases (Table 1). Oetting (2005) explains that the extraction techniques are different and the oils can be extracted only by steam extraction, therefore the concentration of active compounds in the oil is greater.

Table 1. Extraction yield for biofungicides.

	Cinnamon			Clove			Basil		
	Initial Volume (mL)	Final Volume (mL)	Yield (%)	Initial Volume (mL)	Final Volume (mL)	Yield (%)	Initial Volume (mL)	Final Volume (mL)	Yield (%)
Aqueous Extract	700	44	6,29	700	79	11,29	700	111	15,86
Alcoholic Extract	700	67	9,57	700	79	11,29	700	101	14,43
Oil	1500	1,2	0,08	1500	2,8	0,19	1500	1,3	0,09

essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and basil (*Ocimum basilicum*) in control of *Aspergillus flavus* L.

MATERIAL AND METHODS

To obtain the extracts, the method described by Stangarlin *et al.* (1999) was used. In both extracts, 70 g of each plant in 700 mL of water and ethyl alcohol 70% (v/v), respectively, were macerated. For oil extraction, 150 g of each plant were submitted to hydrodistillation in 1500 mL of water, using Clevenger.

To evaluate the inhibitory capacity of the biofungicides against *Aspergillus flavus* L., dilutions of 50, 500, 5000

In the lowest concentration, 50 mg/mL, all the extracts did not inhibit the mycelial growth, while the cinnamon and clove oils obtained total inhibition, oil action is better and differ the extracts significantly in Tukey test at 5% (Figure 1).

Cruz *et al.* (2009) used many aqueous extracts 20% (w:v) and found that the peanut treated with aqueous extract of borage (*Borago officinalis*) showed lower incidence, 2% of *Aspergillus*. Hema *et al.*, (2010), evaluated the antimicrobial activity of cinnamon alcoholic extract, at concentrations of 25, 50, 75 and 100%, against strains of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus Niger*, and noticed better inhibition at concentration 50%. Viegas *et al.* (2005), discovered that oil derived from cinnamon bark was the most efficient in ten oils tested for inhibition of *A. flavus* L.

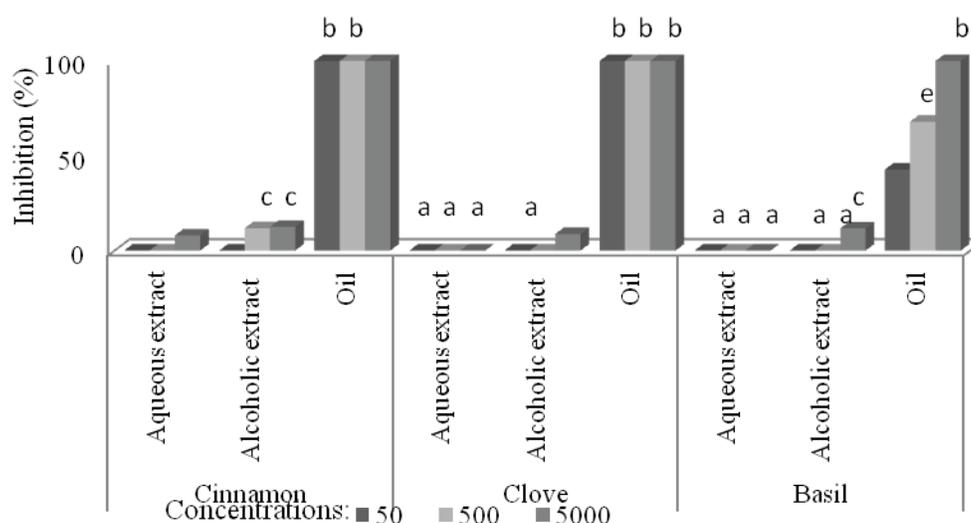


Figure 1. The antifungal activity of cinnamon, clove and basil in different concentrations. Same letters do not differ significantly in Tukey test at 5%.

CONCLUSIONS

Cinnamon and clove oils completely inhibited the fungus in the lowest concentration applied, while the clove and basil aqueous extracts didn't inhibit in any concentration. Although the yields of the extracts are higher than the oils, the antifungal activity of the oils is better.

BIBLIOGRAPHY

- Cruz, M.E.S., K.R.F. Schwanestrada, M.J.S. Cruz, M.M.M. Rupp and B.V. Fiore. 2009. Controle Natural de Patógenos em Grãos de Amendoim e Café. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4 (2): 3137- 3142.
- Ellis, W.O., J.P. Smith, B.K. Simpson, H. Ramaswamy and G. Doyon. 1994. Effect of gas barrier characteristics of films on aflatoxin production by aspergillus-flavus in peanuts packaged under modified atmosphere packaging (map) conditions. *Food Research International* 27 (6): 505-512.
- Franco, D.A. and W. Bettiol. 2000. Controle de *Penicillium digitatum* em pós-colheita de citrus com produtos alternativos. *Fitopatologia Brasileira* 25: 602-606.
- Hema R., S. Kumaravel and C. Sivasubramanian. 2010. Antimicrobial Activity of Some of the Indian Spices Against Food Borne Pathogens. *New York Science Journal* 3(11): 191-193.

- Oetting L. 2005. Extratos vegetais como promotores do crescimento de leitões recém-mamados. Doctoral thesis in Animal Science and Pastures. Agronomy college. University of São Paulo. São Paulo. 81 p.
- Simionato, E.M.R. S., R.M. Astray and C.M. Sylos. 2003. Ocorrência de Ocratoxina A e aflatoxinas em arroz. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 62 (2): 123-130.
- Stangarlin, J.R., K.R.F. Schwan-Estrada, M.E.S. Cruz and M.H. Nozaki. 1999. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. *Biotechnology Ciência & Desenvolvimento* 11: 16-21.
- Tatsadjieu N.L., A. Yaouba, E.N. Nukenine, M.B. Ngassoum and C.M.F. Mbofung. 2010. Comparative study of the simultaneous action of three essential oils on *Aspergillus flavus* and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Food Control* 2: 186-190.
- Viegas E.C., A. Soares, M.G.F. Carmo and C.A.V. Rossetto. 2005. Toxicidade de óleos essenciais de alho e casca de canela contra fungos do grupo *Aspergillus flavus*. *Revista Horticultura Brasileira* 23 (4): 915-919.

Infusiones Ricas en Compuestos Fenólicos con Potencial para el Tratamiento de la Depresión

Phenolics-Rich Herbal Teas with Potential for Depression Relief

Clara Grosso¹; Federico Ferreres²; Angel Gil-Izquierdo²; Patrícia Valentão¹; Paula B. Andrade¹

1 REQUIMTE/Laboratório de Farmacognosia, Departamento de Química, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Rua de Jorge Viterbo Ferreira, nº 228, 4050-313 Porto, Portugal

2 Research Group on Quality, Safety and Bioactivity of Plant Foods, Department of Food Science and Technology, CEBAS (CSIC), P.O. Box 164, 30100 Campus University Espinardo, Murcia, Spain angelgil@cebas.csic.es

Resumen. Se investigaron cuatro infusiones contra monoamino oxidasa A (MAO-A), una enzima implicada en la patogénesis de la depresión, y se ha caracterizado su perfil fenólico por HPLC-DAD-ESI/MSⁿ y HPLC-DAD. Con la excepción de la de *Jasminum grandiflorum* L., las infusiones investigadas mostraron efectos benéficos promisorios.

Palabras clave: Flavonoides, té de hierbas, MAO-A inhibición.

Abstract. Four herbal teas were tested against monoamine oxidase A (MAO-A), an enzyme involved in the pathogenesis of depression, and their phenolic profile was characterized by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ and HPLC-DAD. Excepting that of *Jasminum grandiflorum* L., the other three herbal teas showed promising results, highlighting the benefits of their intake.

Key words: Flavonoids, Herbal teas, MAO-A inhibition.

INTRODUCTION

The intake of herbal teas and other nutraceuticals has shown beneficial effects against depression, reinforcing the need to evaluate their activity against enzymes and receptors involved in the pathogenesis of this disease, as well as to identify their active compounds (Manosso *et al.*, 2013). MAO-A inhibitors are antidepressant drugs that act by elevating synaptic monoamines concentrations, mainly of serotonin and norepinephrine (Han *et al.*, 2007).

This work summarizes and compares some of the results obtained in our ongoing project, which aims to find antidepressant phenolics-rich herbal teas. Herbal teas were prepared from *Cochlospermum angolensis* Welw. (bark), *Jacaranda caroba* (Vell.) A. DC. (leaves), *Jasminum grandiflorum* L. (flower buds) and *Grindelia robusta* Nutt. (aerial parts) and tested against MAO-A activity. Their phenolic composition was also characterized by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ and HPLC-DAD.

MATERIAL AND METHODS

Plant material and extraction. The plant material was purchased from a local herbal store and powdered to < 910 µm particle size. Aqueous extractions were performed at 100 °C for 20 min, followed by filtration under vacuum and freeze drying (Ferreres *et al.*, 2013 a,b; Ferreres *et al.*, 2014a,b).

HPLC-DAD-ESI-MSⁿ and HPLC-DAD analyses. Qualitative and quantitative analyses were carried out as previously described (Ferreres *et al.*, 2013a,b; Ferreres *et al.*, 2014a,b). Mass spectrometry data were acquired in the negative (all extracts) and positive (*J. grandiflorum*) ionization modes. Quantification was achieved by the absorbance recorded at 280 and 320 nm (for phenolic acids) and 350 nm (for flavonoids) relative to external calibration curves.

In vitro MAO-A inhibition. MAO-A inhibition assay was performed with the Holt's peroxidase-linked spectrophotometric assay as described before (Ferreres *et al.*, 2013a), using tyramine as substrate and 4-aminoantipyrine and vanillic acid as chromogenic solution.

Statistical analysis. Analysis of variance (one-way ANOVA, post hoc Bonferroni) was performed to compare IC50 values obtained for the herbal teas in the bioassay.

RESULTS AND DISCUSSION

Phenolic profile. *C. angolensis* herbal tea was characterized by the presence of ellagic acid, methyl ellagic acid and six of their derivatives, ellagic acid dominating (158.4 mg/Kg) (Ferreres *et al.*, 2013a). In that prepared from *J. caroba* three dicaffeoyl derivatives and nine flavonoids (quercetin, isorhamnetin and kaempferol derivatives) were identified. Quercetin-3-*O*-(2-pentosyl)hexoside + isorhamnetin-3-*O*-rhamnoside-7,4'-*di-O*-glucoside were the major compounds (42304.9 mg/Kg of extract) (Ferreres *et al.*, 2013b). *J. grandiflorum* herbal tea was composed by hydroxycinnamic acids and flavonols (quercetin

and kaempferol derivatives), quercetin-3-*O*-(2,6-di-rhamnosyl) glucoside being found in highest amount (33912.4 mg/Kg of extract) (Ferrerres *et al.*, 2014a). *G. robusta* herbal tea was rich in caffeoylquinic acid and feruloylquinic acid derivatives and flavonoids. Thirty two compounds were identified, diosmetin-7-*O*-glucuronide-3'-*O*-pentoside and apigenin-7-*O*-glucuronide-4'-*O*-pentoside being the most abundant (3758.9 mg/Kg of extract) (Ferrerres *et al.*, 2014b).

In vitro inhibition of MAO-A. The most active herbal teas ($p > 0.05$) were those of *J. caroba* ($IC_{50} = 17.4 \mu\text{g/mL}$; Fig. 1), *C. angolensis* ($IC_{50} = 38.5 \mu\text{g/mL}$) and *G. robusta* ($IC_{50} = 99.5 \mu\text{g/mL}$). *J. grandiflorum* was significantly ($p < 0.001$) less effective ($IC_{50} = 699.7 \mu\text{g/mL}$) (Ferrerres *et al.*, 2013a, b; Ferrerres *et al.*, 2014a,b).

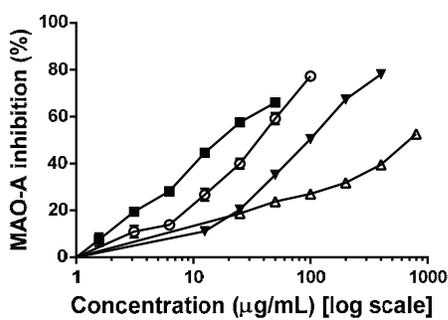


Figure 1. MAO-A inhibition by herbal teas.

○ – *C. angolensis*; ■ – *J. caroba*; ◊ – *J. grandiflorum*; △ – *G. robusta*.

Important structural features for phenolic MAO-A inhibition are the presence of a double bond between C2 and C3, a reduced number of OH groups at B-ring, absence of glucose or glucuronic acid at C7 and absence of *O*-methylation of the catechol group at B-ring (Han *et al.*, 2007). Excepting that of *C. angolensis*, all herbal teas were richer in quercetin derivatives (with catechol group in B-ring) than in kaempferol derivatives (with just one OH in B-ring), but only *J. grandiflorum* displayed weak activity. Moreover, it was expected that the presence of isorhamnetin (with 3'-OCH₃ group) derivatives in *J. caroba* and of diosmetin (4'-OCH₃) derivatives in *G. robusta*, as well as the presence of C7-glucuronide group in almost all compounds of *G. robusta* would reduce their effect in comparison with other herbal teas; nevertheless, this was not observed. As so, synergistic and antagonistic interactions among the compounds present in the extracts cannot be excluded.

CONCLUSION

Excepting that of *J. grandiflorum*, the tested herbal teas exhibited strong inhibitory activity against MAO-A, showing that the ingestion of these species can bring benefits against depression.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the financial support from the European Union (FEDER funds through COMPETE) and National Funds (FCT) through project Pest-C/EQB/LA0006/2013 and from the European Union (FEDER funds) under the framework of QREN through Project NORTE-07-0124-FEDER-000069, to CYTED Programme (ref. 112RT0460) CORNUCOPIA Thematic Network and project AGL2011-23690 (CICYT). Clara Grosso thanks FCT for the Post-Doc fellowship (SFRH/BPD/63922/2009).

BIBLIOGRAPHY

- Ferrerres, F., C. Grosso, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão and P. B. Andrade. 2013a. Ellagic acid and derivatives from ***Cochlospermum angolensis*** Welw. extracts: HPLC-DAD-ESI/MSⁿ profiling, quantification and *in vitro* anti-depressant, anti-cholinesterase and anti-oxidant Activities. *Phytochemical Analysis* 24(6): 534-540.
- Ferrerres, F., C. Grosso, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão and P. B. Andrade. 2013b. Phenolic compounds from *Jacaranda caroba* (Vell.) A. DC.: Approaches to neurodegenerative disorders. *Food and Chemical Toxicology* 57: 91-98.
- Ferrerres, F., C. Grosso, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão and P. B. Andrade. 2014a. Assessing *Jasminum grandiflorum* L. authenticity by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ and effects on physiological enzymes and oxidative species. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 88: 157-161.
- Ferrerres, F., C. Grosso, A. Gil-Izquierdo, P. Valentão, C. Azevedo and P. B. Andrade. 2014b. HPLC-DAD-ESI/MSⁿ analysis of phenolic compounds for quality control of *Grindelia robusta* Nutt. and bioactivities. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 94: 163-172.
- Han, X., S. Hong, J. Hwang, M. Lee, B. Hwang and J. Ro. 2007. Monoamine oxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives of Pharmacol Research* 30(1): 13-17.
- Manosso, L. M., M. Moretti and A. L. Rodrigues. 2013. Nutritional strategies for dealing with depression. *Food & Function* 4(12): 1776-1793.

Indicadores Microbiológicos de Estabilidad e Inocuidad de Miel de *Mellipona eburnea* Durante el Almacenamiento

Microbiological Indicators of Stability and Innocuity of Mellipona eburnea Honey During Storage

Claudia Hernández Londoño¹; Doris Jannet Ascencio²; Marta Cecilia Quicazán³

1 Candidata a doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería – Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Carrera 30 # 45-03, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <cehernandezlo@unal.edu.co>

2 Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <djascenciot@unal.edu.co>

3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Carrera 30 # 45-03 Edificio 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. <mcquicazand@unal.edu.co>

Resumen. La miel de especies de abejas sin aguijón (*Mellipona eburnea*) es apreciada localmente por las comunidades y se le atribuyen propiedades medicinales. En Colombia no se ha evaluado su calidad microbiológica durante el almacenamiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del almacenamiento a 19°C sobre la estabilidad y la inocuidad de miel de *M. eburnea*. Se emplearon los métodos de la Comisión Internacional en Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF). Inicialmente la miel superó los niveles permitidos para mesófilos aerobios (3,18 log [UFC/g]) y levaduras (3,17 log [UFC/g]). Durante el almacenamiento la miel superó los niveles permitidos de mesófilos aerobios y levaduras, hasta los 39 días y se detectaron esporas de *Clostridium perfringens* después de 298 días, aunque inicialmente no se encontraron.

Palabras clave: Meliponini, calidad, maduración, *Clostridium perfringens*

Abstract. Honey from stingless bee species (*Mellipona eburnea*) is appreciated locally for communities and they attribute them medicinal properties. In Colombia microbiologic quality during storage of these honeys has not been evaluated. The aim of this work was to evaluate the effect of storage to 19°C on stability and innocuity of *M. eburnea* honey. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) methods were employed. Initially honey exceeded the permitted levels for mesophilic aerobes (3.18 log [CFU/g]) and yeasts (3.17 log [CFU/g]). During storage honey exceeded the permitted levels for mesophilic aerobes and yeasts until 39 days and *Clostridium perfringens* spores were detected after 298 days, although this spores not found initially.

Key words: Meliponini, quality, maturation, *Clostridium perfringens*.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Vit *et al.*, (2004), además de la especie *Apis mellifera* existen también especies de abejas sin aguijón (meliponini), que producen miel y que en su mayoría son propias del continente americano. La miel de éstas abejas es muy apreciada pues se le atribuyen propiedades medicinales, aunque tiene un porcentaje mayor de humedad que la miel de *A. mellifera*, (por encima del 25%), lo que favorece el desarrollo de mohos y levaduras, haciendo que fermente fácilmente. Según Contrera *et al.*, (2011) en algunas regiones de Brasil los meliponicultores emplean un método denominado “maduración”, donde la miel nativa después cosechada se mantiene en recipientes cerrados a temperatura ambiente donde se fermenta naturalmente; sin embargo, durante este proceso no se ha evaluado la calidad microbiológica (Cockburn *et al.*, 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo es monitorear aspectos microbiológicos relacionados con la estabilidad y la inocuidad de miel de *M. eburnea*, desde su extracción y durante el almacenamiento a 19°C durante 298 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

La miel de *M. eburnea* fue colectada en la vereda el Injurió del municipio de Maceo (Antioquia-Colombia). Se empleó el método de partición de potes por escurrido. La miel fue envasada en frascos de vidrio ámbar de 50 mL y fue almacenada a temperatura ambiente (19°C) cinco días después de cosechada. Para evaluar la calidad microbiológica se realizaron muestreos a los 0, 39, 87, 111, 171, 222, 262 y 298 días de almacenamiento y se emplearon los métodos de la Comisión Internacional en Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMF, 2002). Los datos se analizaron mediante ANOVA (Factor: t almacenamiento; $\alpha = 0,05$) empleando Excel 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente la miel superó los niveles permitidos para mesófilos aerobios (3,18 log [UFC/g]) y levaduras (3,17 log [UFC/g]); los demás parámetros microbiológicos de calidad estuvieron dentro de los niveles permitidos por la normatividad (Tabla 1). Durante el almacenamiento, la miel superó los niveles permitidos de mesófilos y levaduras, hasta los 39 días, luego la población de estos microorganismos fue disminuyendo (Tabla 1). Aunque a lo largo del almacenamiento en general la calidad microbiológica de la miel se mantuvo dentro de los límites, es preocupante la presencia de esporas de *C. perfringens* en el día 298, aunque inicialmente no se detectaron y, a pesar de

que los niveles de anaerobios sulfito reductores se encontraban dentro de los límites permisibles (Tabla 1). Los parámetros que no cumplieron con la normatividad pueden estar relacionados con la extracción de la miel, que a su vez está relacionada con la tecnología de crianza de estas abejas, pues el método actual implica una alta manipulación, contaminando la miel. Faltan desarrollos tecnológicos similares a los que ya existen para *Apis mellifera* que han reducido la manipulación para disminuir la contaminación cruzada de la miel. Adicionalmente, el *C. perfringens* encontrado en este estudio pudo provenir del suelo o de la manipulación del pote de cerumen donde almacena la miel *M. eburnea*, ya que estudios realizados en el proceso de

Tabla 1. Análisis microbiológico de miel de *Mellipona eburnea* almacenada a 19oC cinco días después de la cosecha.

Microorganismo	Tiempo de almacenamiento (días)								Requisitos miel de <i>Apis mellifera</i> (NTC 1273)	Res. 1057 de 2010 (Ministerio Protecc. Social)
	0	39	87	111	171	222	262	298		
Mesófilos log(UFC/g)	3,18 a	3,21 a	2,00 a	< 1,60 a	1,70 a	1,00 a	< 1,00 a	1,30 a	2,48 log(UFC/g) max.	
Mohos log(UFC/g)	1,59 a	< 1,60 a	< 1,60 a	< 1,00 a	< 1,60 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	2,00 log(UFC/g) max.	2,00 log(UFC/g) max.
Levaduras log(UFC/g)	3,17 b	2,20 b	< 1,00 a	2,00 log(UFC/g) max.	2,00 log(UFC/g) max.					
Bacterias Acidolácticas log(UFC/g)	2,13 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,60 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a		
Coliformes totales log(UFC/g)	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	1,00 log(UFC/g) max.	
Coliformes fecales log(UFC/g)	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a		
<i>Escherichia coli</i>	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 log(UFC/g)	
<i>Staphylococcus catalasa +</i> log(UFC/g)	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,60 a	< 1,00 a	< 1,00 a	< 1,00 a		
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a	< 2,00 a		
Anaerobios sulfito reductores log(UFC/g)	< 1,00 a	< 1,60 a	< 1,00 a		2,00 log(UFC/g) max.					
Esporas de <i>Clostridium perfringens</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente		
<i>Salmonella</i> /25g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	

Letras diferentes en la misma fila presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

producción de miel de *A. mellifera* encontraron alta prevalencia de *Clostridium botulinum* en el suelo y la cera de abejas (Nevas *et al.*, 2006). Este resultado además puede indicar que el método de “maduración” empleado en mieles nativas (Contrera *et al.*, 2011) no es un método seguro y es necesaria la aplicación de tratamientos de conservación a la miel nativa.

CONCLUSIONES

La miel de *M. eburnea* recién cosechada no cumplió con los límites establecidos por la normatividad en cuanto a mesófilos y levaduras. Esta contaminación puede deberse al método de extracción actual o al diseño de las colmenas que facilita la contaminación cruzada. Durante el almacenamiento a 19°C la miel superó los niveles microbiológicos permitidos por la normatividad en cuanto a mesófilos y levaduras hasta los 39 días. Además se detectó la presencia de esporas de *C. perfringens* después de 298 días. Estos resultados muestran que para las abejas sin aguijón hacen falta desarrollos tecnológicos semejantes a los ya existentes para *A. mellifera*, con el fin de reducir la contaminación cruzada durante la cosecha de la miel. También es necesario considerar la aplicación de algún tipo de tratamiento de conservación que permita eliminar los patógenos presentes en este tipo de miel y reducir las posibilidades de fermentación.

BIBLIOGRAFÍA

Cockburn, C., P. Kwapong, D. Wubah and J. Wubah. 2013. Shelf-life and variances in antimicrobial properties of honey from *Meliponula bocandei* and *Meliponula ferruginea* in Central

Ghana. *Journal of Young Investigators* 25 (1):10–14.

Contrera, F., C. Menezes and G. Venturieri. 2011. New horizons on stingless beekeeping (Apidae, Meliponini). *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:48–51.

ICMSF. 2002. *Microorganisms in Foods 7: Microbiological Testing in Food Safety Management*. Kluwer Academic/Plenum publishers, New York. 362 p.

ICONTEC. 2007. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 1273. Miel de abejas. Icontec, Bogotá. 21 p.

Ministerio de la Protección Social. 2010. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano. Resolución 1057 del 23 de Marzo de 2010. 9p.

Nevas, M., M. Lindström, A. Hörman, R. Keto-Timonen and H. Korkeala. 2006. Contamination routes of *Clostridium botulinum* in the honey production environment. *Environmental Microbiology* 8(6):1085–1094.

Vit, P., Medina and M. Enríquez. 2004. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World* 85(1): 2–5.

Identificación de Factores Microbiológicos Asociados al Deterioro de Jugo (Naranja-Mandarina) Mínimamente Procesado para su Bioconservación

Identification of Microbiological Factors Associated with Spoilage of Juice Sweet Orange (*Citrus sinensis*), Valencia (*Citrus sinensis*) y Arrayana Tangerina (*Citrus reticulata*) Minimally Processed for Bioconservation

Johanna Serna-Jiménez¹⁻⁴; Duvan Ortiz C²; Victor Clavijo-Romero²

1 Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad La Gran Colombia, Sede Armenia. sernajimjohanna@miugca.edu.co

2 Estudiante Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad La Gran Colombia

4 Autor de correspondencia: andreasernajimenez@hotmail.com

Resumen. Dentro de los procesos de transformación de alimentos, una de las características más importantes es la conservación y prolongación de la vida útil; la preferencia en los últimos años, ha sido por medio de adición de sustancias químicas. Sin embargo las tendencias de los consumidores

es a ingerir productos naturales, sin adición de este tipo de sustancias. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los factores microbiológicos asociados con la alteración de un jugo mínimamente procesado de naranja sweet (*Citrus sinensis*), naranja valencia (*Citrus sinensis*) y mandarina

arrayana (*Citrus reticulata*) a temperatura de refrigeración (5°C) y temperaturas de abuso (20 y 30°C) para aislar la flora encargada de la alteración por medio del recuento en placa con medios selectivos para bacterias ácido lácticas, mohos, levaduras y mesófilos. Los resultados obtenidos permitieron observar efectos negativos en cualidades físico químicas (°Brix, Acidez y pH) teniendo los mayores delta de estas variables en las de temperaturas de abuso relacionados entonces con deterioro; adicionalmente los mayores ciclos de crecimiento de microorganismos obtenidos en la matriz se obtuvieron en 20 y 30°C (4 ciclos) en el caso de la refrigeración se observó la presencia de microorganismos psicrófilos. Las morfologías aisladas en las 3 temperaturas evaluadas (mesófilos, mohos, levaduras y bacterias ácido lácticas) fueron en común para las 3 temperaturas. Los resultados obtenidos permiten generar estrategias de bioconservación para el desarrollo de un alimento mínimamente procesado sin la incorporación de tratamientos térmicos, que modifiquen las características nutricionales y organolépticas del producto.

Palabras clave: Bio conservación, temperatura de abuso, deterioro, vida útil, microorganismos.

Abstract. Food processing is one of the most important characteristics for transformation is the preservation and extending shelf life. In recent years the general tendency has been conservation through chemical addition. However trends consumers are demand natural products without addition of such substances. The objective of this work is to characterize the microbiological factors associated with the alteration of a minimally processed sweet orange juice (*Citrus sinensis*), Valencia orange (*Citrus sinensis*) and arrayana tangerine (*Citrus reticulata*) at refrigeration temperature (5°C) and abuse temperatures (20 and 30°C) to characterize the flora responsible for the alteration by the plate count on selective media for lactic acid bacteria, molds, yeasts and mesophilic. The results allowed to observe negative effects on physical and chemical qualities (°Brix, acidity and pH) showing the largest delta of these variables on temperature abuse then related with spoilage; growth cycles of microorganisms obtained in the matrix was evaluated in 20 and 30 °C (4 cycles); in the case of 5°C the presence of psychrophilic microorganisms was observed. The morphologies isolated in the 3 evaluated temperatures (mesophiles, molds, yeasts and lactic acid bacteria) were common for the 3 temperatures. The results allow generate strategies for bioconservation and development of a minimally processed food without heat treatments, which modify the nutritional and organoleptic characteristics.

Key words: Bio conservation, temperature of abuse, deterioration, useful life, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

Cómo lo menciona Trujillo, y otros (2001) el mercado actual es cada día mayor la tendencia de los consumidores, a adquirir alimentos con características sensoriales que reflejen una mínima intervención de procesos industriales, muy especialmente cuando el alimento comercializado es una fruta o un vegetal; desarrollándose así nuevos métodos de conservación no térmicos sin que se vea afectada la calidad de los alimentos (Herrero y Ávila, 2006). La alteración en alimentos mínimamente procesados se debe en gran medida a la contaminación en producto terminado y esta, puede ser variada, dependiendo de las condiciones de procesamiento y de las buenas prácticas que se manejen dentro de la planta de procesamiento. Toda empresa debe asegurar un mayor tiempo de vida útil del producto en almacenamiento para prevenir, enfermedades en los consumidores y deterioro o alteraciones dentro del producto a causa de microorganismos (Villena, 1995). Otra causa de alteración de productos es la temperatura de abuso. La cinética de deterioro en estos procesos es compleja, ya que si bien es claro que el deterioro está en función de la temperatura, el grado de deterioro puede variar con respecto a la temperatura. La cantidad total del deterioro dependerá del tiempo en que el producto sea mantenido en cada temperatura, es decir, la integral del tiempo y la temperatura.

Dentro de los factores alterante de productos se encuentran microorganismos como las bacterias, levaduras y mohos quienes son capaces de sobrevivir y reproducirse en esos periodos de “abuso de temperatura” llegando a alterar un producto. La temperatura es uno de los factores más determinantes del crecimiento microbiano y su supervivencia en el medio. A medida que se eleva la temperatura, las reacciones químicas y enzimáticas de la célula son más rápidas y el crecimiento se acelera volviéndose oportunistas (Madigan *et al.*, 2004).

Con el fin de evitar estos efectos se utilizan normalmente conservantes químicos como ácidos orgánicos, benzoato de sodio, sorbato de potasio, potasio benzoato y pimaricina; sin embargo, muchos de estos microorganismos crean resistencia al uso de los aditivos por lo que la industria debe buscar alternativas para evitarlo (Delavenne *et al.*, 2012). Dentro de esos están la bio conservación o conservación biológica como un método natural de conservación mediante el uso de microorganismos, metabolitos o sustancias naturales que no alteren la calidad sensorial (Vermeiren, 2006). Las tendencias de los consumidores a alimentos mínimamente procesados nos orientan y lleva a desarrollar productos con estas características; es así como, el objetivo de este trabajo es identificar los factores microbiológicos alterantes del jugo con mezcla de cítricos, como preliminares para incorporar sistemas de bio conservación en los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del jugo. Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron 3 variedades de cítricos: *naranja sweety* (*Citrus sinensis*), *valencia* (*Citrus sinensis*) y *mandarina arrayana* (*Citrus reticulata*) en proporciones ya estandarizadas; se procedió a ajustar los grados Brix en 8,5. Se tomaron muestras microbiológicas para ser sembradas en medio Plate Count Agar (PCA) y Agar Man Rogosa Sharpe (MRS); las cajas se llevaron a incubación a 30 °C (PCA) y a 37 °C Agar MRS; se incubaron por 48 horas y posterior a esto se hizo el conteo en placa.

Deterioro y alteración. Luego de preparado el jugo se sirvieron alícuotas de 200mL en frascos estériles para posterior incubación a 5±2 °C en refrigeración como temperatura control; a 20°C como temperatura de abuso de refrigeración y a 30°C como temperatura de deterioro; todo en incubadoras por 120 horas en condiciones aerobias. Cada 24 horas se tomaron alícuotas, se llevaron a diluciones seriadas en agua peptonada estéril y posterior siembra en placa en medio PCA (28°C) y Agar MRS (37°C) para incubación y lectura.

Para monitorear las variables físico químicas de °Brix, pH y acidez; se midió cada 24 horas por medio de refractómetro, titulación con NaOH y potenciómetro respectivamente. Todos los ensayos se corrieron por triplicado.

Aislamiento de microorganismos. Al cabo de las 120 horas de muestreo en jugo se procedió a aislar las colonias características en medios selectivos y por medio de siembra en estría. Se utilizó la tinción de Gram para caracterización microscópica. Se agruparon por morfologías macroscópicas y microscópicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados físico químicos. Los resultados de los °Brix se observan en la tabla 1; se observa un efecto en las temperaturas de abuso y deterioro con disminución en las variables pH y °Brix, aumento en la acidez; esto se debe posiblemente a las reacciones de deterioro causadas por el crecimiento de los

Tabla 1. Resultados de: °Brix, pH y acidez para el control (refrigerado) con las temperaturas de 25 y 30°C y los delta de cada una de las variables medidas (Final-inicial).

Variables	TEMPERATURAS						
	CONTROL		20°C		30°C		
	Valores	Δ	Valores	Δ	Valores	Δ	
°Brix	Inicial	8,7	-0,70	8,70	-2,10	8,70	-1,30
	Final	8		6,60		7,40	
Acidez	Inicial	0,44	0,13	0,44	0,44	0,44	0,22
	Final	0,57		0,87		0,66	
pH	Inicial	4,16	-0,16	4,16	-0,66	4,16	-0,43
	Final	4		3,5		3,73	

microorganismos, producción de metabolitos como ácidos y consumo de los azúcares presentes en el medio. En la temperatura de 30°C se presentó un mayor descenso de las variables, posiblemente a que esta es una temperatura óptima para el crecimiento de mesófilos.

Resultados microbiológicos. Los resultados obtenidos de los conteos cada 24 horas Log UFC/mL y ciclos Log de crecimiento muestran el efecto de cada una de las temperaturas en el deterioro y alteración del producto (Tabla 2). Se observa entonces que en la temperatura de refrigeración para bacterias ácido lácticas tiene menos de medio ciclo de crecimiento al cabo de las 120 horas; este tipo de microorganismos puede presentar adaptación a la refrigeración, teniendo un comportamiento psicrófilo así como lo reporta Trujillo, y otros 2001; Yoon y otros 2006, algunas bacterias ácido lácticas aisladas de alimentos presentan una alta resistencia y adaptación al medio. En el caso de 20 y 30 °C hubo un aumento de la población de 3,3 y 3,6 ciclos Log; este tipo de microorganismos están asociados con procesos de fermentación en alimentos y se les encuentra igualmente en alimentos alterados y con deterioro sensorial y microbiológico (Klayraung *et al.*, 2010; Lin *et al.*, 2007; Caplice and Fitzgerald, 1999 y Yoon *et al.*, 2006).

Los microorganismos aerobios que crecieron en el medio PCA evaluados a la temperatura de refrigeración muestran un aumento en la población de 0,7 ciclos, lo cual posiblemente; se deba a psicrófilos presentes en la matriz que como los menciona Trujillo, y otros (2001) el almacenamiento en refrigeración genera una acción selectiva favoreciendo el desarrollo de grupos microbianos como los aerobios psicrófilos, al generar fases de latencia muy prolongadas en otros grupos microbianos. Para las temperaturas de 20 y 30°C se presentaron aumentos de aproximadamente 3 y 4 ciclos Log respectivamente; el rango de especies que crecen en estas condiciones es muy amplia caracterizándose las levaduras como microorganismos típicos presentes en estos alimentos siendo los responsables de

Tabla 2. Resultados de: Log UFC/mL de bacterias ácido lácticas y mesófilos aerobios así como los ciclos Log de crecimiento al cabo de las 120 horas a las 3 temperaturas,

Temperatura °C	MICROORGANISMOS					
	Bacterias ácido lácticas			Mesófilos, mohos y levaduras		
	Inicial	Final	Δ ciclos Log	Inicial	Final	Δ Ciclos Log
4	2,4± 0,12	2,6 ± 0,11	0,2	2,8± 0,15	3,6±0,47	0,7
20	2,4± 0,12	5,7 ± 0,13	3,3	2,8± 0,15	6,0 ± 0,04	3,2
30	2,4± 0,12	6,1 ± 0,07	3,6	2,8± 0,15	6,7 ± 0,08	3,9

Tabla 3. Morfología de los microorganismos aislados de los jugos de fruta.

Muestra	Microscópica	Gram	Macroscópica	Diámetro	Forma	Textura
1	Bacilos corto	Positivo	Blanco	4mm	Redonda	Creмоса
2	Levaduras		Blanco	6mm	Redonda	Creмоса
3	Cocos	Positivo	Blanco	1mm	Punteada	Creмоса
4	Bacilos largo	Positivo	Blanco	6mm	Punteada	Seca
5	Levaduras		Blanco	1mm	Punteada	Creмоса

procesos de fermentación y alteración de productos (Viljoen *et al.*, 2003; Beletsiotis, *et al.*, 2011).

De las temperaturas evaluadas, se encontraron 10 morfologías, estas fueron aisladas y se agruparon según características macroscópicas y microscópicas, obteniéndose finalmente 5 características morfológicas; asociadas posiblemente al deterioro y alteración del producto. En la tabla 3 se observan las características de cada una de ellas.

Este tipo de microorganismos Gram positivos están asociados a las alteraciones de diferentes matrices alimentarias, adicional a esto se conoce que las levaduras son causantes en procesos de fermentación y deterioro de productos. Cómo lo menciona Delavenne y otros., (2012) este tipo de contaminaciones se puede deber a la manipulación en los procesos de transformación o las temperaturas de abuso a las que se pueden someter este tipo de productos brindan las condiciones favorables para el crecimiento de estos microorganismos generando así el deterioro y alteración de productos. Teniendo los resultados obtenidos de aislamiento e identificación se iniciará dentro del proyecto con la fase de bio conservación.

CONCLUSIONES

Dentro del deterioro de este tipo de matriz se logró identificar morfológicamente bacterias ácido lácticas y levaduras presentes en los productos bajo las tres temperaturas evaluadas; este hallazgo permite desarrollar estrategias para el control (bio conservación) de este tipo de microorganismos. En los resultados encontrados no se hallaron mohos que puedan desarrollar procesos de alteración y liberación de micotoxinas que afecten la inocuidad del producto.

Las morfologías microbianas encontradas corresponden a microorganismos causantes de deterioro y alteración de productos; sin embargo se hace necesario identificarlos molecularmente para tener certeza de su origen y mitigar sus efectos.

BIBLIOGRAFÍA

Beletsiotis, E., D. Ghikas and K. Kalantzi. 2011. Incorporation of microbiological and molecular methods in HACCP monitoring scheme of molds and yeasts in Greek dairy

plant: A case study. *Procedia Food Science* 1 : 1051-1059.

Caplice, E. and F.G. Fitzgerald. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology* 50(1)(2):131-149.

Delavenne, E., R. Ismail, A. Pawtowski, J. Mounier, G. Barbier and G. Le Blay. 2012. Assessment of lactobacilli strains as yogurt bioprotective cultures. *Food Control* 30 (1): 206-213

Herrero, A.M., y M.D. Romero de Avila. 2006. Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Revista Médica Universidad de Navarra* 50(4): 71-74.

Klayraung, S., H. Viernstein, J. Sirithunyulug and S. Okonogi. 2010. Probiotic Properties of *Lactobacillus* Isolated From Thai Traditional Food. *Science Pharmacology*. 76: 485-503.

Lin, W.H., B. Yu, S.H. Jang and H.Y. Tsen. 2007. Different probiotic properties for *Lactobacillus fermentum* strains isolated from swine and poultry. *Anaerobe* 13(3)(4): 107-113.

Madigan, M., J. Martinko y J. Parker. 2004. *Biología de los Microorganismos*. pp-66-91. Brock 10a Edición. PEARSON Prentice Hall. 1011p.

Trujillo F.R, S.L. Plá, V.R. Tavera, M.S. Tapia, y Rita Cava. 2001. Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo* L) mínimamente procesado por impregnación al vacío. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición* 51(2): 173-179.

Vermeiren, L. 2006. Biopreservation of anaerobically packaged sliced cooked meat products by non-bacteriocinogenic micro-organisms. University Gent. Department of Food safety and food quality. 231p.

Viljoen, B. C., A. Lourens-Hattingh, B. Ikalafeng and G. Peter. 2003. Temperature abuse initiating yeast growth in yoghurt. *Food Research International* 36 (2): 193-197.

Villena, L. J. 1995. Contaminación de Industrias Lácteas. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*. 8: 11-38.

Yoon, K.Y., E.E. Woodams and Y.D. Hang. 2006. Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria. *Bioresource Technology* 97 (12): 1427-1430.

Correlación de Coordenadas CIELAB y el Análisis de Imágenes Digitales en Pasta de Tomate.

Correlating Coordinates CIELAB and Analysis of Digital Images in Tomato Paste.

Andrea Melisa Vásquez-Riascos¹ y Luis Eduardo Ordóñez-Santos²

1,2 Departamento de Ingeniería- Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Carrera 32 N 12-00 vía Candelaria, Valle del Cauca, Colombia.
Autor a quien se debe dirigir la correspondencia:1 amelisa13@hotmail.com; 2 luedor4@hotmail.com

Resumen. Se comparó la medición de coordenadas de color CIELAB obtenidas por colorimetría y sus correspondientes imágenes digitales analizadas con el modelo directo y los software Matlab e ImageJ en pasta de tomate. Los resultados evidenciaron que el mejor comportamiento entre el método estándar y el alternativo fue el análisis de imágenes con ImageJ con coeficientes de correlación por encima del 80% y el método con la menor confiabilidad es el modelo directo con coeficientes de correlación por debajo del 70% para todas las coordenadas de color.

Palabras clave: Color superficial, RGB, Matlab, ImageJ.

Abstract. The color coordinates CIELAB obtained by colorimetry and their corresponding digital images analyzed with the direct model and Matlab and ImageJ software in tomato were compared. Our results showed that the best performance between the standard and alternative method was the ImageJ image analysis with correlation coefficients above 80% and the least reliable method was the direct model with correlation coefficients below 70% for all color coordinates.

Key words: surface color, RGB, Matlab, ImageJ.

INTRODUCCIÓN

El color hace parte de las características superficiales de los alimentos, convirtiéndose así en un parámetro crítico de evaluación de la calidad de un producto (Foca *et al.*, 2011), (León *et al.*, 2006). En el tomate y sus derivados, el color es el factor más relevante que determina la calidad, ésta característica tiene una gran importancia tanto para la industria como para los consumidores, cuyo principal responsable es el contenido de licopeno con un 90% de los pigmentos totales, convirtiéndose de este modo en la fuente principal del compuesto en la dieta humana (Jarquín *et al.*, 2013). En la industria de alimentos el color superficial de los productos es evaluado comúnmente por las coordenadas CIELAB (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2009), (Ruiz *et al.*, 2010), (Liang *et al.*, 2011). Recientemente los sistemas de visión computarizada están siendo aplicadas en la industria de alimentos (Wu y Sun, 2013), éste sistema, se

está investigando ampliamente ya que son métodos rápidos y fáciles de usar e implementar en la industria, permiten obtener resultados acerca de propiedades o características físicas de los alimentos incluyendo el color, esta técnica permite la medición pixel a pixel de una imagen completa de un alimento, se conforma por una cámara digital que permite captar la imagen del alimento, un sistema de procesamiento compuesto por un software y las características de iluminación adecuadas (León *et al.*, 2006), (Meléndez *et al.*, 2005) tiene la ventaja de ser rápida, consistente, objetiva, no invasiva y económica (Wu y Sun, 2013). Por lo tanto el objetivo de la presente investigación fue correlacionar el método de colorimetría directa sobre la muestra de pasta de tomate y tres métodos alternativos: método directo, Matlab e ImageJ en imágenes digitales, para medición de color.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación se usó pasta de tomate comercial adquirida en un mercado local, 150 muestras fueron analizadas, todas las variables se midieron por triplicado: imagen digital y coordenadas L*a*b por colorimetría. El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. La adquisición de imágenes digitales, se realizó adaptando la técnica descrita por León *et al.*, (2006), usando lámparas con Índice de Rendimiento del Color (CRI) 82, temperatura del color de 6500K e iluminación de 1300lux, el tamaño de la caja negra de medidas: alto 70, ancho 50 y profundo 68 centímetros. Se empleó una cámara digital marca Cannon, modelo Power Shot A550 de 7,1 Megapíxeles, la imagen se adquirió a máxima resolución 3072x2304L. El proceso de segmentación de las imágenes se realizó con el software Adobe Photoshop CS5 Versión 12.0 seleccionando la muestra de interés a un tamaño aproximado de: ancho 716 y alto 712 píxeles. Las coordenadas CIELAB se obtienen por colorimetría usando el equipo Konica Minolta CR-410, ajustando el observador e iluminante en las condiciones D65/2° de acuerdo a la norma ASTM D2244 del año 2011 y siguiendo la

técnica descrita por Ruiz *et al.*, (2008), ubicando el lente del colorímetro directamente sobre la superficie de la muestra, la calibración del equipo se realizó usando una placa blanca de valores $Y=89,5$, $x=0,3176$, $y=0,3347$. La transformación de RGB a $L^*a^*b^*$ para cada imagen digital se procesa mediante los software Matlab e ImageJ y el modelo directo: Utilizando el software Matlab versión 7.8.0.347 (R2009a), se obtienen las coordenadas de color $L^*a^*b^*$ siguiendo la técnica descrita por León *et al.* (2006); Utilizando el software ImageJ versión 1,46r, se obtienen las coordenadas de color RGB y se usó el plugin Open RGB para transformar las coordenadas obtenidas a coordenadas $L^*a^*b^*$; Siguiendo el modelo directo (MD) descrito por León *et al.*, (2006), se obtienen las coordenadas de color $L^*a^*b^*$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los coeficientes de correlación (R) de las muestras de pasta de tomate por el método de colorimetría estándar y los métodos de análisis de imágenes digitales.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre coordenadas CIELAB y las imágenes digitales.

Métodos	Colorimetría CIELAB		
	L*	a*	b*
Matlab	0,787	0,823	0,716
ImageJ	0,837	0,822	0,822
Modelo directo	0,473	0,670	0,628

Los resultados demuestran que el mejor método alternativo para obtener las coordenadas de color se logra procesando las imágenes con el software ImageJ con una confiabilidad por encima del 80% de los datos obtenidos (Figura 1).

Matlab es el segundo método con mejor comportamiento y el Método Directo es el modelo con una confiabilidad menor al 70%, diferentes autores presentan correlaciones por encima del 90% en todas las coordenadas de color, León *et al.*, (2006) al comparar diferentes modelos obtuvo los mejores comportamientos con el modelo cuadrático y redes neuronales, además coincide con nuestros resultados en que el modelo directo fue aquel con la confiabilidad más baja, esto puede deberse a que en la presente investigación se usaron lámparas de un menor CRI, lo cual indica que es menor la percepción del color natural, por su parte Veliöglu *et al.*, (2011) obtuvo correlaciones del 0,889; 0,958 y 0,907 en estimación de coordenadas de color en pasta de tomate usando un escáner para la obtención de las imágenes digitales. Los métodos alternativos de análisis de imágenes digitales permitieron

analizar toda la superficie de la muestra por lo cual se obtiene un análisis total.

CONCLUSIÓN

El análisis de imágenes digitales es una importante alternativa para calcular las coordenadas de color $L^*a^*b^*$ en alimentos, permitiendo una confiabilidad por encima del 80% al procesar las imágenes con los software ImageJ y Matlab.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM Standard D2244-11, 2011. Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates. West Conshohocken, PA. 2011. DOI: 10.1520/D2244-11.
- Du, C.J., and D.W Sun. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology* 15(5): 230–249.
- Fernández, V., J.S. Torrecilla, M. Cámara, M.C.S Mata and C. Shoemaker. 2010. Radial basis network analysis of color parameters to estimate lycopene content on tomato fruits. *Talanta* 83: 9–13.
- Foca, G., F. Masino, A. Antonelli and A. Ulrici. 2011. Prediction of compositional and sensory characteristics using RGB digital images and multivariate calibration techniques. *Analytica Chimica Acta* 706(2): 238–45.
- Fuentes, E., A. Pérez y E. Sánchez. 2009. Efecto de la concentración de aditivos e ingredientes sobre el color de pastas de merluza (*Merluccius australis*) tratadas térmicamente Effect of ingredients concentration upon colour of heat treated hake (*Merluccius australis*) batters. *Optica Pura Y Aplicada* 324: 9–21.
- Jarquín, E., E. Mercado, J.L. Maldonado and B. Lopez. 2013. Lycopene content and color index of tomatoes are affected by the greenhouse cover. *Scientia Horticulturae* 155: 43–48.
- León, K., D. Mery, F. Pedreschi and J. León. 2006. Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. *Food Research International* 39(10): 1084–1091.
- Liang, Z., M. Sang, P. Fan, B. Wu, L. Wang, S. Yang and S. Li. 2011. CIELAB coordinates in response to berry skin anthocyanins and their composition in Vitis. *Journal of Food Science* 76: C490–7.
- Melendez, A.J., I.M. Vicario and F.J. Heredia. 2005. Correlation between visual and instrumental colour measurements of orange juice dilutions: effect of the background. *Food Quality and Preference* 16(5): 471–478.
- Ruiz D., M. Reich, S. Bureau, C. Renard and J.M. Audergon. 2008. Application of reflectance colorimeter measurements and infrared spectroscopy methods to rapid and nondestructive evaluation of carotenoids content in apricot

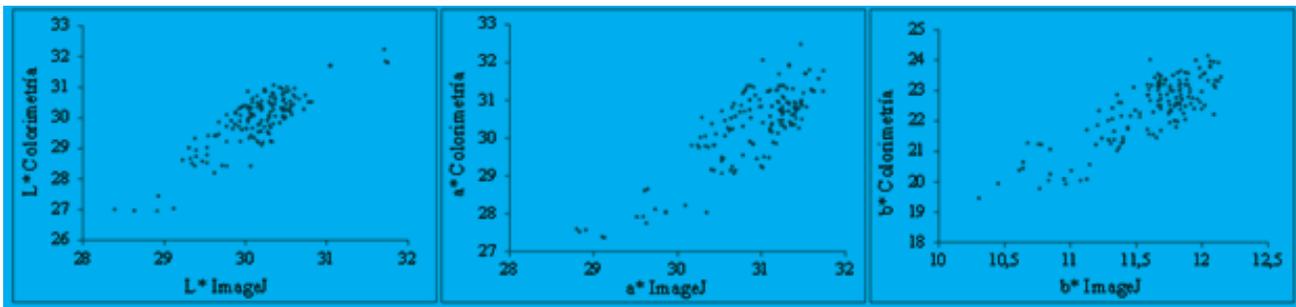


Figura 1. Correlación de las coordenadas $L^*a^*b^*$.

(*Prunus armeniaca* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 4916–4922.

Wu, D, and D.W. Sun. 2013. Colour measurements by computer vision for food quality control –A review. Trends in Food Science & Technology 29(1): 5–20.

Evaluación de la Efectividad de Dos Desinfectantes en el Proceso de Elaboración de Ensaladas

Evaluation of the Effectiveness of Two Disinfectants in Process of Salads

Lida Yaneth Maldonado M¹; Yohanna Maldonado O; Carlos Alberto Jiménez S.

1 Profesor Titular, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Departamento de Alimentos, Grupo de investigación Recursos Naturales, Universidad de Pamplona, Sede Pamplona, Norte de Santander. lymaldonadom@gmail.com,

Resumen. En esta investigación, se evaluó el efecto antimicrobiano de dos desinfectantes comerciales en el proceso de elaboración de ensaladas en una planta de alimentos de una Compañía de Comercio en Colombia. Para lo anterior se determinaron los focos de contaminación microbiológica en el proceso productivo de las ensaladas y se aplicaron dos desinfectantes orgánicos como agentes reductores de carga microbiana en 4 tipos de ensaladas ensambladas (repollo piña, verduras, papa y rusa). Los muestreos microbiológicos de coliformes totales dieron como resultado que los manipuladores, equipos y utensilios (cutter, canastillas, ayudante de cocina) fueron los factores que afectaban directamente la calidad microbiológica de estos productos. Se identificó como principal bacteria contaminante la *E. coli*. Se concluyó que los desinfectantes evaluados CITROSAN y CITROGEN M poseen capacidad antimicrobiana evidenciándose que este último, es la mejor alternativa para garantizar la calidad de los productos sin afectar los tiempos de producción y las características sensoriales.

Palabras clave: Alimentos preparados, contaminación, desinfección, limpieza, microorganismos.

Abstract. In this research the antimicrobial effect of two commercial disinfectants in the preparation of salads in a Colombian food plant trade Company was evaluated. For that reason, the microbiological contamination focus in the salad productive process were determined, and two organic disinfectant were applied as reductors agents of bioburden in 4 types of assembled salad (cabbage-pineapple salad, vegetables salad, potato salad, and Russian salad). Microbiological sampling for total coliforms gave as result that the handlers, equipment and utensils (cutter, baskets, and kitchen) were the factors that affected directly the microbiological quality of these products. *E. Coli* was identified as the main contaminant bacteria. It was concluded that CITROSAN and CITROGEN M tested disinfectants have an antimicrobial capacity demonstrating that the last one is the best alternative to guarantee the quality of products without affecting production times and sensory characteristics.

Key words: Prepared foods, pollution, cleaning, disinfection, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

La demanda actual de productos frescos y fáciles de preparar, en especial frutas y verduras, ha traído consigo un aumento en el mercado de productos mínimamente procesados. Esta tendencia responde a la idea generalizada de que los vegetales son alimentos saludables, y a que cuanto más fresco, es mejores condiciones de calidad y seguridad pueden encontrarse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se trata de alimentos crudos, lo que obliga a extremar las buenas condiciones de manipulación y de aplicar otras técnicas que permitan cierta inactivación microbiana, como el uso de agua tratada o la aplicación de productos químicos esterilizantes compatibles con el producto y con la salud (Allende *et al.*, 2006). La Compañía en estudio, es una de las empresas número uno en el país en ventas al por menor, la cual cuenta con una planta de procesamiento de alimentos listos para el consumo, entre los que se destacan las ensaladas, que debido a sus características de proceso representan un posible riesgo a la salud de los consumidores si no se tienen los cuidados pertinentes en su elaboración. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad antimicrobiana de dos desinfectantes comerciales en el proceso productivo de elaboración de 4 tipos de ensaladas en la Planta de procesamiento de alimentos de la Compañía objeto de estudio, con el propósito de plantear acciones de mejora que garanticen la calidad e inocuidad de los productos elaborados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de las no conformidades encontradas en la planta de alimentos para determinar el tipo de ensaladas

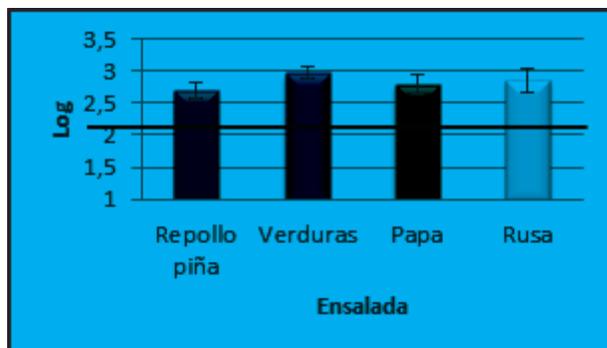


Figura 1. Resultados microbiológicos de los tipos de ensaladas

con mayor recurrencia en resultados de contaminación microbiana con coliformes totales. Se determinó *E. coli* en las manos de los manipuladores; aerobios mesófilos, mohos y levaduras en las superficies en contacto con los alimentos (maquinarias e instrumentos) según lo establecido en la NTC 4458 de 2005 y al ambiente (aerobios mesófilos, mohos y levaduras según la GTC 125 de 2007). De acuerdo a los resultados obtenidos se establecieron las áreas de mayor contaminación, se realizaron análisis microbiológicos antes y después del uso de los desinfectantes, los cuales se aplicaron por aspersión en porcentajes de 0,3% y 0,02% p/v con respecto a la masa de materia prima y al producto terminado en los diferentes tipos de ensalada objeto de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 4 tipos de ensaladas (repollo piña, verduras, papa y rusa) que presentaron contaminación con coliformes totales, identificándose la presencia de *E. coli* y ausencia de mohos y levaduras, según los resultados de los análisis microbiológicos. Se encontró presencia de *E. coli* en las manos de los manipuladores del área de ensamble y cocina caliente, a excepción del operario del área del vegetalero, debido, presuntamente, a malas prácticas higiénicas en el momento de lavarse las manos y a la falta de control en el proceso productivo de las ensaladas; ya que este grupo de microorganismos son indicadores de malas prácticas de manufactura (Pierson y Smoot, 2001). El seguimiento realizado mediante análisis microbiológicos de las superficies que entran en contacto directo con los alimentos y luego del proceso de limpieza y desinfección evidenció que el diseño sanitario de los equipos del área de vegetalero (cutter, ayudante de cocina y canastillas) y las deficientes prácticas higiénicas eran los dos factores principales que afectaban la calidad microbiológica del producto final. Los resultados obtenidos en el ambiente del área de vegetalero se encontraron dentro de lo estipulado por la norma (NTC 4458), lo cual indicó que el proceso de desinfección por aspersión del ambiente se realizaba de forma eficiente. En la Figura 1 se observa que todas las ensaladas superan el máximo de contaminación microbiológica permitida por la empresa de acuerdo a lo establecido por el INVIMA, representada por la línea roja en términos de reducción en unidades logarítmicas. Después de la aplicación de los desinfectantes CITROGEN M y CITROSAN se observa (figura 2) una disminución en la carga microbiana de coliformes totales presente en las ensaladas, obteniéndose que el CITROGEN M presenta resultados más favorables, con una reducción en promedio de 0,32536602 unidades logarítmicas de coliformes totales en relación con el desinfectante CITROSAN. Los

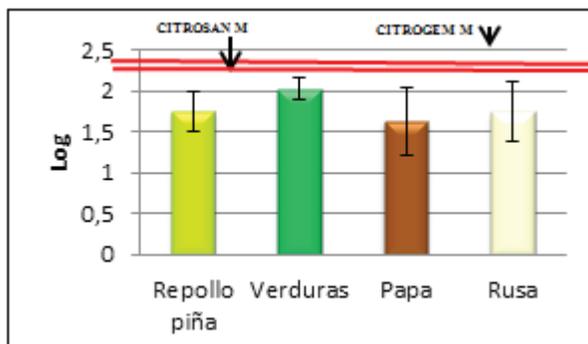


Figura 2. Resultados microbiológicos de los tipos de ensaladas después de la aplicación de los desinfectantes.

resultados sensoriales mostraron que el pimentón procesado de la ensalada de verduras, presentaba un sabor residual amargo con el uso del desinfectante CITROSAN y con el CITROGEN M fueron aceptables todos los atributos evaluados.

Aunque se logró que la carga microbiana de coliformes totales bajara a niveles aceptables; siguen persistiendo problemas de contaminación que no se han podido controlar, se hace necesario que el personal encargado de la planta sea constante en las prácticas higiénicas para la elaboración de las ensaladas.

CONCLUSIONES

Se identificó como principal bacteria contaminante la *E. coli*, lo cual es indicador de falencias en buenas prácticas higiénicas de los operarios, de acuerdo a los reportes microbiológicos encontrados en las manos de los manipuladores. Se evaluaron los desinfectantes CITROSAN y CITROGEN M y se evidenció que este último es la mejor alternativa para garantizar la calidad microbiológica y sensorial de las ensaladas sin afectar los tiempos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende, A., F. T. Barberán and M. I. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology*. 17 (6): 513-519.
- ICONTEC. 2005. Guía de Referencias de Métodos Horizontales de Análisis Microbiológicos para Bebidas, Alimentos y Alimentos para Animales.
- ICONTEC. 2007. Norma Técnica Colombiana 4458. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o *Escherichia coli* o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos.
- Pierson, M. and L. Smoot. 2001. Indicator Microorganisms and Microbiological Criteria. In: *Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers*. 2nd ed. Doyle M. Beuchat L. & Montville T. (Eds) ASM Press. USA. 71-77p.

Estandarización de un Cultivo Iniciador de *Lactobacillus Casei subsp. rhamnosus* para la Producción de Biomasa.

Standardization of a Starter of *Lactobacillus Casei subsp. rhamnosus* for Production of Biomass

Vladimir Vallejo-Castillo^{1*}; Bertha Ruales-Guzmán^{2*}; Milena Guerrero-Flórez³; Oscar Burbano-Figueroa³

1 Grupo de Investigación Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos – GIIDOP. Departamento de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería. Universidad Mariana. Calle 18 No. 34 – 104. Pasto-Colombia.

2 Grupo de Investigación e Innovación Agroindustrial -GINNA. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá-Colombia.

3 Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de Nariño. Ciudad Universitaria Torobajo - Calle 18 Cr 50. Pasto-Colombia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: vvallejo@umariana.edu.co

Resumen. En este estudio se estandarizó un cultivo iniciador de *Lactobacillus casei subsp. rhamnosus* para la producción de biomasa empleando como sustrato leche en polvo-miel de panela. Para ello, se evaluó la velocidad específica de crecimiento en 5 cultivos iniciadores con diferente concentración inicial de bacterias. El mejor cultivo iniciador se seleccionó con base en el menor tiempo de duplicación

y una alta velocidad específica de crecimiento respecto a los demás. Nuestros resultados mostraron una concentración del mejor cultivo iniciador correspondiente a $7,667 \pm 0,452 \text{ Log}_{10} \text{ bact mL}^{-1}$ con un $T_d = 5,8 \text{ h}$ y diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto a los demás cultivos evaluados. En conclusión, la estandarización del inóculo mejora el tiempo de inicio y de cosecha en una

fermentación. El cultivo 3, podría ser útil en la industria de las fermentaciones para producción de biomasa.

Palabras clave: Leche en polvo, miel de panela, cultivos iniciadores.

Abstract. In this study growth of a starter culture of *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* was optimized using powdered milk and panela (unrefined whole cane sugar) honey as substrates and five inoculum concentrations. Results showed the best concentration starter culture was $7.667 \pm 0.452 \text{ Log}_{10} \text{ bact mL}^{-1}$. Under this conditions, it had a low duplication rate (5.87h), finished exponential phase faster and significant differences ($p < 0.05$) of the other. In conclusion, standardization of starter culture, improves startup time and harvest fermentation. Our concentration starter culture may be useful in fermentation's industry for production of biomass.

Key words: milk powder, honey brown sugar, specific growth rate.

INTRODUCCIÓN

Las bacterias ácido lácticas (BAL) tradicionalmente han mostrado tener importantes propiedades como probióticos (Mozzi *et al.*, 2010). *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus*, es un microorganismo ampliamente estudiado (Provencio, 2011) por su efecto benéfico en la salud, por el aporte nutricional cuando es suplemento en algún sustrato amiláceo o lácteo y su comprobada capacidad inhibitoria sobre microorganismos como *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Helicobacter pylori* y *Shigella boydii* (Provencio, 2011; Montes *et al.*, 2003). El objetivo de esta investigación fue estandarizar la concentración de cultivo iniciador de *L. casei* subsp. *rhamnosus* en una fermentación láctica utilizando como sustrato leche en polvo-miel de panela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Activación de *L. casei* subsp. *rhamnosus*. A partir de un cultivo madre conservado a -20°C , procedente del cepario de microbiología – Universidad de Nariño, se realizó la descongelación escalonada, siembra en 40 ml de caldo MRS (Man, Rogosa et Sharpe), incubación durante 24 horas a 37°C y resiembra en las mismas condiciones.

Preparación del cultivo iniciador. A partir de la cepa activada se preparó el cultivo iniciador al 10 % (V/V) en el sustrato leche en polvo-miel de panela (72 y 14,97 g,

respectivamente) de acuerdo a la metodología desarrollada por Ruales-Guzmán y Vallejo-Castillo (2007). Se determinó la cantidad de bacterias/mL (bact/mL) y se incubó en las condiciones descritas anteriormente.

Estandarización del cultivo iniciador. A partir de una

Tabla 1. Ensayos para estandarización del cultivo iniciador.

Cultivo iniciador	Población bacteriana \pm DS $\text{Log}_{10} (\text{bact mL}^{-1})$
1	$8,667 \pm 0,548$
2	$7,041 \pm 0,628$
3	$7,667 \pm 0,452$
4	$6,041 \pm 0,682$
5	$6,667 \pm 0,503$

población bacteriana de $7,041 \pm 0,6288 \text{ Log}_{10} (\text{bact mL}^{-1})$ (Montes *et al.*, 2003), se prepararon cinco cultivos iniciadores como se indican en la Tabla 1.

Determinación de parámetros cinéticos. Se determinó mediante la ecuación 1:

$$\frac{dX}{dt} = \mu_m X$$

Donde, X = concentración bacteriana (Densidad Óptica), = velocidad específica de crecimiento, este parámetro se estimó utilizando la herramienta curve fitting del software MATLAB R2011b (The Mathworks Inc., 2011).

Diseño experimental. Se empleó un diseño unifactorial, teniendo como factor cada uno de los cultivos iniciadores y como variable de respuesta la velocidad específica de crecimiento (μ_m). Se realizó un ANOVA para encontrar diferencias significativas entre factores, se utilizó la prueba Tukey con valor $p < 0,05$. Todos los ensayos se realizaron por triplicado, el análisis de resultados se realizó con el programa Statgraphics ® Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cinética de crecimiento completa para esta bacteria esta descrita en la investigación de Ruales-Guzmán y Vallejo-Castillo, (2007), de acuerdo a lo anterior, se presentan los siguientes enunciados, para el cultivo iniciador 3 la fase exponencial fue rápida y estable, ya que la producción

de biomasa aumentó con el tiempo como también lo reportaron Montes *et al*, 2003, hasta alcanzar el inicio de la fase estacionaria (Figura 1). Una vez el inóculo 3 alcanzó la μ max; los cultivos 1, 2, 4 y, 5 no culminaron la fase exponencial, prolongando el crecimiento, la consecuente formación de biomasa y por lo tanto, el tiempo de cosecha.

El cultivo iniciador 3 presentó la mayor velocidad específica de crecimiento, como se observa en la Tabla 2, y presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con todos los cultivos iniciadores, así como el mayor coeficiente de determinación (R^2), lo cual indica que este modelo cinético logra explicar hasta el $97,4 \pm 0,005\%$ del comportamiento de la población bacteriana de *L. casei subsp. rhamnosus* durante la fermentación en el sustrato leche en polvo-Miel de panela. De ésta manera

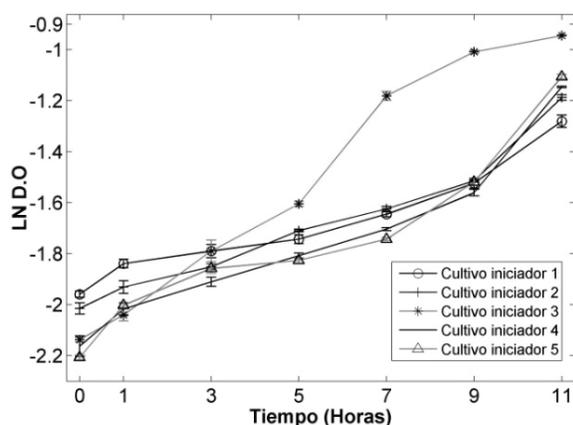


Figura 1. Cinética de crecimiento de los cultivos iniciadores.

Tabla 2. Parámetro cinético y coeficiente de determinación.

Cultivo iniciador	$\mu \pm DS^*$	$R^2 \pm DS$	$t_d (Ln2/\mu)$
1	0,053 \pm 0,003 ^a	0,93 \pm 0,007	13,08
2	0,067 \pm 0,003 ^b	0,948 \pm 0,005	10,35
3	0,118 \pm 0,004 ^c	0,974 \pm 0,005	5,87
4	0,078 \pm 0,004 ^{bc}	0,927 \pm 0,004	8,89
5	0,082 \pm 0,001 ^c	0,904 \pm 0,007	8,45

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($p < 0,05$).

se seleccionó el inóculo 3 como cultivo iniciador para posterior aplicación en fermentación. Relacionando la Tabla 1 y 2 se puede apreciar que existe un valor máximo de μ , el cual corresponde al cultivo iniciador 3, esto indica que con concentraciones más altas de la población bacteriana se obtuvo una disminución de μ , lo cual se puede explicar por la limitación del sustrato por el aumento del número de células (Liong *et al*, 2005).

CONCLUSIONES

La estandarización de un cultivo iniciador permite reducir el tiempo de cosecha y disminuir el tiempo de inicio de una fermentación. El cultivo 3, podría ser útil en la industria de las fermentaciones para producción de biomasa, su fácil obtención y manipulación permitirían disminuir los costos asociados a un proceso de fermentación.

BIBLIOGRAFÍA

- Liong, M., and E. Shah. 2005. Optimization of Growth of *Lactobacillus casei* ASCC 292 and Production of Organic Acids in the Presence of Fructooligosaccharide and Maltodextrin. *Journal of Food Science*, 70 (2): 113–120.
- Ruales-Guzmán, B., y V. Vallejo-Castillo. 2007. Producción de biomasa de *Lactobacillus casei subsp. rhamnosus* empleando diferentes tipos de sustratos. Tesis Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Pasto. 147 p.
- Montes, A., Santracruz, A. y J. Sañudo. 2003. Efecto *in vitro* de *Lactobacillus casei subsp. rhamnosus* sobre el crecimiento de un aislado de *Helicobacter pylori*. Tesis Biólogo con énfasis en Microbiología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de Nariño. Pasto.
- Mozzi, F., Raya, R., and Vignolo, G. 2010. *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications*. 2010. USA: Ed. Willey.
- Provencio, D. 2011. Caracterización de factores de adhesión a proteínas de la matriz extracelular en *Lactobacillus Casei*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Biotecnología en Alimentos



II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Producción de fitasa por <i>Aspergillus oryzae</i> NRLL 458 en columnas y matraces Erlenmeyer <i>Meiri B. Lima and Ranulfo Monte Alegre</i>	885
Definition of Conditions for Lycopene Production in Solid-state Fermentation <i>Ayerim Hernández-Almanza, Cristian Martínez-Ávila, Julio C. Montanez, Raúl Rodríguez-Herrera, Cristóbal N. Aguilar</i>	887
Producción de Biomasa de Hongos filamentosos en Soya (<i>Glycinemax</i> L.) para Obtención de Harinas Fermentadas <i>Londoño Liliana, Bolívar Germán, Ramírez Cristina</i>	889
Hexyl Acetate Production Immobilized in Dried Calcium Alginate Using Burkholderia cepacia Lipase in n-Heptane <i>Giovana S. Padilha, Ranulfo M. Alegre</i>	892
Establecimiento de Condiciones Óptimas de Bio-encapsulación de Dieta Viva Artemia y su Enriquecimiento con Emulsiones. <i>González, Adens; Gajardo, Gonzalo; Matiacevich, Silvia y Martínez, Claudio</i>	894
Procesamiento Digital de Imágenes como Herramienta para la Medición de Biomasa en Fermentación en Estado Sólido <i>Juan C Oviedo, Ana E Casas, Jaime A Valencia y Lucas García, Jose E. Zapata, y Margarita E Ramirez</i>	896
Elaboración de una bebida alcohólica a partir de pulpa de uva y harina de arroz <i>Katherin Rodríguez González y Ángela María Otálvaro A</i>	899
Caracterización del Extracto Enzimático de una Cepa Fúngica con Capacidad Hidrolítica <i>Arnulfo Tarón Dunoyer, Jaime Pérez Mendoza, Ingrid Ballestas Rodríguez</i>	902
Comportamiento de la Fermentación Alcohólica de Miel Adicionando Clavo (<i>Eugenia Caryophyllata</i>) y Ají (<i>Capsicum Annuum</i>) <i>Martha Cuenca, Amaury Blanco, Nazly Pulido, Juan Carlos Serrato</i>	904
Eficiencia del Ensilado Químico y Bacteriano en Desechos de Camarón para la Obtención de Astaxantina <i>Miriam Franco Zavaleta e Isabel Guerrero Legarret</i>	906
Caracterización Parcial de Extracto Proteolítico de Pepino de Mar y Generación de Hidrolizados de Ovoalbúmina. <i>A. Hernández-Sámamo; E. Molina-Hernández, D. Lozano Ojalvo, R. García-Barrientos, X. Guzmán-García, I. Guerrero-Legarreta</i>	908
Aprovechamiento de Miel Cristalizada en la Producción de Hidromiel <i>Cristian Hernández; Amaury Blanco; Martha Cuenca; Juan Carlos Serrato</i>	911

Ligninasas de <i>Coriolus Versicolor</i> por Fermentación en Estado Sólido para Alimentación de Rumiantes <i>Sandra Montoya; Óscar Julián Sánchez</i>	913
Influencia de Pretratamientos en la Bioconversión Enzimática de Fibras de Pencas de Agave <i>Jaquelina Sánchez-Ramírez; Anna Iliná; Elda Patricia Segura-Ceniceros; Cristóbal N. Aguilar; Miguel A. Medina Morales; José L. Martínez-Hernández</i>	915
Perspectivas y Oportunidades de Materiales Lignocelulósicos. <i>Sonia Patricia Ordoñez; Crispin Humberto García; Jesús Eliécer Larrahondo</i>	917
Desarrollo de Biomasa Fúngica en Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) para Uso Potencial en Alimentos. <i>Londoño Liliana, Bolívar Germán, Ramírez Cristina</i>	919
Protocolo de Transformación Genética Vía <i>Agrobacterium tumefaciens</i> y Regeneración en Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) var. TA234 <i>León-García, Elizabeth, Vela-Gutiérrez, Gilber, Del Ángel-Coronel, Oscar Andrés, Gómez-Lim, Miguel Ángel y García-Galindo, Hugo Sergio</i>	921
Activity Maximization Study of Esterase from Soybeans (<i>Glycine Max</i> L) By Experimental Design <i>Márcio de Barros, Giovana S. Padilha, Gabriela A. Macedo</i>	924
Influencia de Esterilización y Fermentación en Fase Sólida sobre las Propiedades Antioxidantes de Polen Apícola <i>Claudia Y. Salazar-González, Carlos A. Céspedes, Consuelo Díaz-Moreno</i>	927
Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial del Tomillo (<i>Thymus Vulgaris</i>) sobre <i>Listeria Monocytogenes</i> . <i>Andrés Felipe Morales Castro; José Víctor Higuera Marín; Edith M. Cadena Chamorro</i>	929
Evaluación con Nariz Electrónica de la Fermentación en Fase Sólida de <i>Lactobacillus plantarum</i> Sobre Polen Apícola <i>Claudia Y. Salazar-González; Carlos Zuluaga; Consuelo Díaz-Moreno</i>	932
Propagación y Enraizamiento In Vitro de Papaya Maradol a Partir de Embriones Cigóticos <i>Gilber Vela-Gutiérrez, Elizabeth León-Gutiérrez, Oscar Andrés Del Angel-Coronel, José Luis Cabrera-Ponce, Miguel Angel Gómez-Lim², Hugo Sergio García-Galindo</i>	934
Protocolo para la Desinfección y Regeneración Eficiente de Chayote In Vitro (<i>Sechium edule</i> Jacq. Sw.) <i>Oscar A. Del Ángel-Coronel,; Gilber Vela-Gutiérrez; Elizabeth León-García; Araceli Rodríguez-Sahagún; Osvaldo A. Castellanos-Hernández; Miguel A. Gómez-Lim; Hugo S. García-Galindo</i>	937
Influencia de Esterilización y Fermentación en Fase Sólida sobre las Propiedades Antioxidantes de Polen Apícola <i>Claudia Y. Salazar-González, Carlos A. Céspedes, Consuelo Díaz-Moreno</i>	939
Determinación de la Fibra Dietaria Extraída de la Cidra (<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.) <i>Francisco Fernei Obando M; Clara María Mejía Doria y Alba Lucia Duque Cifuentes</i>	941
Extracción por Hidrólisis Alcalina del Ácido Ferúlico presente en el Nejayote, Subproducto de la Industria del Maíz <i>Mariana Cañas Arboleda; Gustavo A. Buelvas Salgado Julio R. Montes Álvarez; Jaime A. Cano Salazar</i>	944
Biotransformación del Acido Ferúlico en Ácido Vainillinico por <i>Aspergillus niger</i> <i>Mariana Cañas Arboleda, Gustavo A. Buelvas Salgado, Julio R. Montes Álvarez, Jaime A. Cano Salazar</i>	946

Evaluación de las Características del Colágeno Tipo I soluble en Ácido Extraído a Partir de Huesos de Cebú-Bos primigenius indicus. <i>Cortés, Melissa Paola; Amaya, María Camila; Osorio, Marlon;</i> <i>Velásquez, Jorge; Zuluaga, Robin; Vélez, Lina, Gañán, Piedad., Castro, Cristina</i>	949
Hidratación de Micelas de Caseínas contenidas en Leche en Polvo Descremada <i>Carolina Astudillo; Francisca Sánchez; Jorge Saavedra y Andrea Poblete</i>	951
Monitoreo de la Fermentación Alcohólica de Miel de Abejas sin Aguijón Mediante Electroanálisis <i>Amaury Blanco; Martha Cuenca y Cristian Hernández</i>	953
Monitoreo de la Fermentación de Agraz (<i>Vaccinium meridionale</i>) y Miel de <i>Apis mellifera</i> Mediante Electroanálisis <i>Amaury Blanco; Martha Cuenca; Marta Quicazán; Mario Dávila</i>	956
Efecto de Temperatura y Presión sobre Viabilidad de <i>Sacharomyces boulardii</i> Microencapsulados mediante Secado por Atomización <i>Jeimmy Rocío Bonilla; José Luis Hoyos</i>	958
Efecto de los Hidrocoloides en la Estabilidad de Pulpa de Uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) <i>Duque C; Alba Lucía; Giraldo G; Germán Antonio; Cortes R, Misael</i>	960
Evaluación de Materiales de Pared en la Encapsulación de una Bacteria Ácido Láctica <i>Serna-Cock Liliana; García-González Estefanía; Cardona-Sánchez Lina María</i>	963
Evaluación Química de Filetes de Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) Bioconservados mediante impregnación al vacío con Bacterias Ácido Lácticas <i>Constanza Montalvo R; Cristina Ramírez T; Germán Bolívar</i>	966
Determinación de la Velocidad de Producción de Biomasa de la Especie <i>Scenedesmus sp.</i> <i>María Berenice Ocampo; Luis Fernando Gutiérrez</i>	969
Uso de Frutos Tropicales de Color Amarillo en la Síntesis de Celulosa por <i>Gluconacetobacter xylinus</i> <i>Olga Perna Manrique; Rubén Jaramillo Lancho; Lorena Alviz Martínez y Omar Ríos Suarez</i>	971
Parámetros de Crecimiento de <i>Listeria monocytogenes</i> en Co-cultivo con <i>Carnobacterium maltoromaticum</i> a Cinco Concentraciones de Nitritos <i>Rodríguez Agudelo Natalia; Cueto María Clementina; Sotelo Luz Indira y González María Isabel</i>	974
Evaluación de la Variedad de Yuca E Inóculo sobre la Expansión del Almidón Agrario <i>Elizabeth Rojas Fernández; Gonzalo Mauricio Jaramillo y José Luis Hoyos Concha</i>	977
Evaluación de un Proceso de Fermentación Acética Inducido por Kombucha Sobre Sustrato de Fructosa <i>Guillermo Salamanca Grosso; María Angélica Beltrán Olaya y Diego Antonio Gutiérrez Pedraza</i>	979
Efecto del Ultrasonido de Alta Potencia en la Estabilidad de Emulsiones Modelo Cárnicas <i>Violeta Ugalde-Benítez; María Eugenia Jaramillo-Flores;</i> <i>Arturo Rojo-Domínguez e Isabel Guerrero-Legarreta</i>	982
Bacterias Ácido Lácticas para el Control de Hongos Fitopatógenos <i>Liliana Serna-Cock; Luisa Fernanda Lozada-Corrales;</i> <i>Leidy Johana Valencia-Hernández; Karina López-López</i>	984
Efecto del Método de Extracción sobre el Perfil Químico y la Actividad Antimicrobiana del Polen Apícola	

Cosechado en el Departamento de Antioquia <i>Andrés Mesa; Jesús Gil; Diego Durango</i>	986
Fermentación Láctica de Masas de Maíz de Calidad Proteica <i>Sandra Patricia Betancourt Botero; Cristina Ramírez Toro; Germán A. Bolívar</i>	989
Producción de Goma Xantana por <i>X. campestris</i> ATCC 13951 Usando Suero de Queso Desproteinado <i>Jenny Sobenes G.; Ranulfo M. Alegre</i>	991
Determinación de Parámetros de Escalamiento para la Producción de Probiótico a Partir del Microorganismo <i>Lactobacillus casei</i> <i>Annamaria Filomena-Ambrosio; Gustavo Adolfo Camelo; Johanna Serna-Jiménez</i>	994
Heterotrophic/Mixotrophic/Autotrophic Cultivation of <i>Chlorella Vulgaris</i> on Desalination Concentrate <i>Ângelo P. Matos, Tiago da Silva, Luiz R. I. Morioka, Jefferson Rotta,</i> <i>Elisa H. S. Moecke, Ernani S. Sant'Anna</i>	997
Growing <i>Spirulina platensis</i> in Northeast Brazil <i>Ângelo Paggi Matos, Ernani Sebastião Sant'Anna</i>	999
Optimización de Inóculos de Microorganismos Lácticos Pro bióticos para la Utilización en Ensilados de Residuos Pesqueros <i>Plaza José Luis, Bolívar Germán, Ramírez Cristina</i>	1002
Efecto de la CMC en la Viscosidad de Pulpa de Uchuva <i>Alba Lucia Duque C.; German Antonio Giraldo G. ; Clara María Mejía D.</i>	1004
Evaluación de la Producción de Ácido Láctico Empleando Residuos de Mora y Suero de Quesería <i>Juan C. Oviedo, Hellen R. Domínguez, Andrea C. Montes, Samanta, Zuñiga</i>	1007
Influencia de la Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y Clarificante, sobre Propiedades Químicas del Vino de Mango (<i>Mangifera indica</i> . Var. Hilaza) <i>Rafael Olivero; Carmen Salgado; María Nuñez</i>	1009
Efecto De las Condiciones de Fermentación en Propiedades Calorimétricas de Masas De Maíz <i>Sandra Patricia Betancourt Botero, Alfredo Ayala-Aponte, Cristina Ramírez Toro</i>	1012

Producción de fitasa por *Aspergillus oryzae* NRLL 458 en columnas y matraces Erlenmeyer

Production of phytase by Aspergillus oryzae NRLL 458 in columns and in Erlenmeyer flasks

Meiri B. Lima¹ and Ranulfo Monte Alegre²

¹ Engenharia de Alimentos, M.Sc. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. meiri_brum@yahoo.com.br

² Professor Ranulfo Monte Alegre. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. ranulfo@fea.unicamp.br

Abstract. In this work the phytase production by *Aspergillus oryzae* NRLL 458 was researched in Erlenmeyer flasks and in packed-bed bioreactor of 30 cm height and diameter of 5 cm. The best fermentation time was also evaluated (24, 48, 72 and 96 hours). The best enzymatic activity achieved was in column bioreactor (47.65 FIT). The results showed that best fermentation time was 96 hours for both bioreactors

Key words: enzyme, fungi, biorreactores.

Resumen. En este trabajo se investigó la producción de fitasa por *Aspergillus oryzae* NRLL 458 en matraces Erlenmeyer de capacidad de 250 ml y en un biorreactor de columna de 30 cm de altura y diámetro de 5 cm. Se evaluó también el mejor tiempo de fermentación (24, 48, 72 y 96 horas). La mejor actividad enzimática alcanzada fue en el biorreactor de columna (47,65 FIT). Los resultados mostraron que 96 horas de fermentación fue el tiempo recomendado para ambos biorreactores.

Palabras clave: enzima, hongos, biorreactores.

INTRODUCTION

Phytic acid (myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakis phosphate) is the major storage form of phosphorus in cereals and leguminous, which must be treated with phytase to release phosphate. Thus these raw materials can be used as monogastric animals feed, since they have very low levels of phytase activity in their digestive tracts. Phytate is also considered an antinutritive compound that it can complex with important cations and amino groups in proteins, decreasing the dietary bioavailability of these nutrients (Silva, *et al.*; 2010). Other problem associated to phytic acid is the environmental pollution caused by large amounts of phosphorus excreted by animals. An alternative to eliminate the addition of inorganic phosphate and also solve environmental problems caused by the phytic acid excreted by animals is the supplementation of animal feed with phytase (Pandey, *et al.*; 2010). Phytase is the enzyme from the family of histidine acids that catalyzes the hydrolysis of phytic

acid releasing inositol and ortho-phosphoric acid (López *et al.*; 1997). The phytase addition can reduce the amount of phosphorus in manure up to approximately 30% and also be a choice to dispense the use of inorganic sources of phosphorus and to reduce the cost of feed production (Parrado *et al.*; 2006). The use of inexpensive substrates to fermentation reduces the production cost of phytase making the process more attractive to industrial application (Pandey, *et al.*; 2010). Besides that, it can also be used in human food. Recent studies demonstrated the positive effect of phosphate inositol on diet, like the diabetes prevention, anti-inflammatory effect, protection against some types of cancer, cholesterol control and prevention of kidney stones formation (Greiner *et al.*; 2009). The goal of this study was to evaluate phytase production by solid state fermentation in columns and compare with phytase production in Erlenmeyer flasks. Moreover, best fermentation time was also evaluated.

MATERIAL AND METHODS

Microorganism. The microorganism used was *Aspergillus oryzae* NRLL 458. The cultures were transferred by NRLL from US Department of Agriculture and maintained in slant PDA at 4 °C. To obtain spores to inoculate the semi-solid medium, the mold was cultivated in 250 ml Erlenmeyer flasks with slant PDA at 30°C for 10 days. The spores were removed with Tween 80 (0.1%) scraping kindly the agar surface. Spore counts in the suspension was performed in a Neubauer chamber and standardized at 10⁷ spores/ mL. A volume of this suspension that corresponds to 5% (v/m) of the media mass was used as inoculum.

Solid State Fermentation. Solid state fermentation was carried out in 250 ml Erlenmeyers flasks containing 10g of rice bran and in columns of 30 cm height and diameter of 5 cm containing medium with 50g of rice bran, 25g of rice husk and 25g of soybean. The initial moisture content was corrected to 75% and the inoculum had spores to give 10⁷ spores / g

substrate. The temperature was maintained in 30 °C and the air flow rate of 0.5 L/minute.

Enzymatic Extraction. Sample of 10 g of the fermented medium was mixture with 50 mL of water and agitated on a shaker at 150 rpm and 30°C for 30 minutes. After that, the sample was filtered to obtain an aqueous extract of the enzyme. This extract was centrifuged at 2335 g for 10 minutes and the supernatant collected to determine the enzyme activity.

Determination of enzymatic activity. The enzyme activity (FIT) was defined as the amount of the enzyme required to release one micromole of inorganic phosphate from one milliliter of sodium phytate at 1.5 mM, per minute per mL of crude enzyme extract. under the conditions of temperature and pH data.

In a test tube was added 1 mL of sodium phytate (1,5 mM) prepared in 0,2 M acetate buffer (pH 4,8) and 0.5 mL of crude enzyme extract in a dilution of 1:1 in deionized water, followed incubation in a water bath at 60 °C for 10 minutes. The reaction was stopped adding 1 mL of 10% trichloroacetic acid and 1.5 ml of distilled water into each test tube plus 5 mL of the reactive of Tausky-Shoor (Harland and Harland; 1977), being the absorbance measured at 660 nm.

RESULTS AND DISCUSSION

The rice bran was a good medium to phytase production only in the Erlenmeyer flasks. When it was used in the column reactor, the medium stayed compacted with preferential air ways, being the phytase production more poor than in Erlenmeyers flasks. So, it was necessary to meet another medium with bigger porosity and that allowed producing the same enzyme activity. The Table 1 shows the results.

Table 1. Enzyme activity (FIT) from *Aspergillus oryzae* in solid state fermentation.

Fermentation Time	FIT (Erlenmeyer flasks)	FIT (column)
24	25,42	21,57
48	25,65	22,77
72	26,3	26,2
96	38,08	47,65

Rani and Ghosh (2011) produced phytase from *Rhizopus oryzae* in solid state fermentation, also in 96 hours at 35 °C using as substrate linseed oil cake added of mannitol, ammonium sulfate and phosphate. They used 5g of substrate in 250 mL Erlenmeyer flasks. The best enzymatic activity achieved was

148,77 U/gds (8,92 FIT), more than five times lower than the enzymatic activity obtained in this study.

Moreover, different air flows (0.5, 0.8 and 1 L/minute) and different initial moisture were studied in order to allow the best fermentation condition. The best results were achieved in air flow of 0.5 L/minute and 75% of initial moisture (50.62 FIT).

CONCLUSION

This present study showed that good phytase activities were obtained by solid state fermentation using Erlenmeyer flasks or aerated column, however, the medium composition need to be investigated to reach higher enzyme activities. The rice bran had 20% of phytic acid that induced the enzyme production, but the soy bean provides nutrients, especially as aminoacids which can be also used as nitrogen source.

BIBLIOGRAFÍA

- Greiner, R., L.G. Silva, S. Couri. 2009. Purification and characterisation of na extracellular phytase from *Aspergillus niger* 11T53A9. Brazilian Journal of Microbiology. V.40, p.795-807.
- Harland, B.F. and J. Harland. 1977. A modified method for phytate analyses using an ion exchange procedure: application to textured vegetable proteins. Cereal Chem. V 54, N 827.
- López, S.E., J. López e H.F. Teichmann. 1997. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo em dietas com farelo de arroz desengordurado para frangos de corte. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia (34: 1997: Juiz de Fora). Anais. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.51-53.
- Pandey, A., G. Szacaks, C.R. Soccol, J.A. Rodriguez-Leony Soccol, V.T. 2010. Production purification and properties of microbial phytases. Bioresource technology. V.77, p.203 – 214.
- Parrado, J., E. Miramontes, M. Jover, J.F. Gutierrez, L.C.D.E. Terán and J. Bautista. 2006. Preparation of a Rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. Food Chemistry. V.98, p.742–748.
- Rani, R., S. Ghosh. 2011. Production of phytase under solid state fermentation using *Rhizopus oryzae*: Novel strain improvement approach and studies on purification and characterization. Bioresourcer Technology. V 102, p.10641-10649.
- Silva, L.T., K.A. Moreira, T.S. Porto, A.F.L. Porto. 2010. Produção de fitases a partir de resíduos agroindustriais em fermentação no estado sólido utilizando fungos do gênero *Aspergillus*. X Jornada de ensino, pesquisa e extensão. Recife.

Definition of Conditions for Lycopene Production in Solid-state Fermentation

Definición de Condiciones de Producción de Licopeno en Fermentación en Estado Sólido

Ayerim Hernández-Almanza¹, Cristian Martínez-Ávila², Julio C. Montanez¹,

¹ Food Research Department. School of Chemistry. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, 25280, Coahuila, México. e-mail: cristobal.aguilar@uadec.edu.mx

² Laboratory of Biotechnology. School of Agronomy. Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, NL, México.

Raúl Rodríguez-Herrera¹, Cristóbal N. Aguilar¹.

Abstract. Carotenoids are an important group of natural pigments with specific applications as colorants, feed supplements, and nutraceuticals. Lycopene is the most-potent antioxidant among various carotenoids. The main objective of this study was producing biotechnologically lycopene by *Rhodotorula glutinis* YB-252 using SSF. The variables with statistically significant influence were determined in obtaining carotenoids by a Plackett-Burman design. 0.021 ± 0.0054 mg of lycopene was obtained. We conclude that the bioprocess production of lycopene in SSF represents an attractive alternative for the microbial production of pigments.

Key words: *Rhodotorula glutinis*, carotenoids, metabolic regulator.

Resumen. Los carotenoides son un grupo de pigmentos naturales con aplicaciones específicas como colorantes, suplementos alimenticios y nutracéuticos. El licopeno es el más potente antioxidante de los carotenoides comunes. El objetivo de este trabajo fue producir licopeno biotecnológicamente mediante un sistema de cultivo en medio sólido por *Rhodotorula glutinis* YB-252. Para lograr lo anterior, se determinaron las variables con influencia estadísticamente significativa en la obtención de pigmentos carotenoides, mediante un diseño experimental Plackett-Burman. Se logró producir un cantidad de licopeno de $0,021 \pm 0,0054$ mg/g PUF. Se concluye que el bioproceso de producción de licopeno por la levadura *R. glutinis* en cultivo en estado sólido representa una atractiva alternativa para la producción microbiana de pigmentos.

Palabras clave: *Rhodotorula glutinis*, carotenoides, regulador metabólico.

INTRODUCTION

Carotenoids are an important group of natural pigments with specific applications as colorants, feed supplements, and nutraceuticals. Lycopene is the most-potent antioxidant among various carotenoids. Apparently inhibits cholesterol synthesis and may play a role in relation to the risk of certain cancers,

part of its potentially beneficial properties has been attributed to its ability to scavenge free radicals and to physically quench singlet molecular oxygen. (Matos *et al.*, 2001; Hsiao *et al.*, 2004). Lycopene is an intermediate in the biosynthetic pathway of β -carotene, lycopene synthesis occurs if the enzymes (cyclases) involved in the formation of β -ionone rings are inhibited in the carotenoid synthesis pathway (Goodwin, 1971; Feofilova *et al.*, .., 2006).

Commercial lycopene production relies on chemical synthesis and extraction from natural sources. However, due to the increasing importance of this molecule, alternative ways of producing higher and more specific amounts have been sought (López-Nieto *et al.*, 2004). Filamentous fungi, yeasts, bacteria and algae, such as *Streptomyces chrestomyceticus*, *Blakeslea trispora*, *Phycomyces blakesleeanus*, *Flavobacterium sp.*, *Phaffia sp.*, *Rhodotorula sp.* have been described as carotenoid-producing microorganisms (Choudhari *et al.*, 2008; Yurkov *et al.*, 2008).

Solid-state fermentation (SSF) allows construction of more compact reactors with less energy and water consumption, reducing environment impact (Orzua *et al.*, 2009). Determination of the best culture medium and environmental conditions is necessary for microbial fermentation in order to exploit the potential of the selected strain (Bhosale and Gadre, 2000). The main objective of this study was produce lycopene by *Rhodotorula glutinis* YB-252 using SSF.

MATERIALS AND METHODS

Reagents and microorganism. Reagents used were of analytical grade, obtained from Sigma Aldrich ® Mexico. *Rhodotorula glutinis* YB-252 strain was acquired from the US Department of Agriculture (USDA). For strain reactivation, cells were inoculated on malt and yeast extract medium (YM) composition in g L⁻¹: glucose 10, malt extract 3, yeast extract 3, peptone 5 and incubated at 30 °C for 48 h.

Influence of metabolic regulator on lycopene production.

Cells of *R. glutinis* YB-252 were cultivated into 250 mL Erlenmeyer flask containing 50 mL of sterile YM medium. Fermentation was carried out at 30 °C on a rotatory shaker at 180 rpm for 72 h. Effect of chemical inducer such as imidazole at 50 , 125, 250, 375 and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ was investigated. The time (0, 24, 48 and 72 h) of addition of imidazole during fermentation was also evaluated.

Lycopene extraction and quantification. For extraction of carotenoids was used the methodology reported by Taskin *et al.* (2011) with some modifications. Filtrate was centrifuged at 8800g for 15 min, the supernatant was discarded and cell pellet was recovered. Dimethyl sulfoxide (DMSO) was subsequently added for cell wall disruption, mixture was heated at 60 °C for 30 min with periodic vortex homogenization. Mixture was then treated with acetone, vortexed and centrifuged at 8800g. Total carotenoid concentrations were quantified spectrophotometrically at an optical density of 480 nm. The presence of lycopene was HPLC detected.

Evaluated parameter for lycopene production. The evaluation of parameters for lycopene production, solid-state fermentation was conducted. Polyurethane foam (PUF) was used as an inert support for SSF. The culture medium was based on YM broth; added with imidazole as a metabolic regulator for the production of lycopene. The fermentation was carried out in column biorreactors (24 mm diameter and 18 mm height). Plackett-Burman design was used to evaluate the effect of pH, moisture, carbon source, inoculum concentration, aeration, time of incubation and metabolic regulator concentration. Table 1 shows the levels of independent variables. Eight treatments were evaluated with three replications.

Statistical analysis. All analyzes were performed in triplicate. Data for lycopene production of Plackett-Burman design were analyzed using the Statistica 7 software to identify the

statistically significant effect.

RESULTS AND DISCUSSION

Influence of imidazole on carotenoids production. Specific production of lycopene can be promoted by adding compounds which inhibit the action of lycopene-cyclase enzyme which is responsible for cyclization of ends of the chain to the subsequent production of β -carotene. The higher concentrations of lycopene, 6.63 and 6.82 mg L^{-1} were achieved by adding imidazole 125 and 250 ppm, respectively, at 24 h of fermentation.

Significant parameters in lycopene production. The biological function of lycopene in fungi is virtually unknown. However, the experimental data accumulated up to now enable us to make a suggestion on this account (Feofilova *et al.*, ., 2006). Results of Plackett-Burman design showed that the highest concentration was obtained employing the highest levels of all variables (Table 1), with concentration of lycopene $0.021 + 0.0054 \text{ mg g}^{-1} \text{ PUF}$ (Table 2). Lopez-Nieto *et al.* (2004) reported a semi-industrial process for lycopene production by mated fermentation of *Blakeslea trispora* plus (+) and minus (-) with production 100% of lycopene from total carotenoids.

Table 1. Levels of variables used in the Plackett-Burman design.

Variable	Lowest level (-)	Highest level (+)
pH	4	6
Aeration (LPM)	0.5	1.0
Carbon source (g/L)	20	40
Moisture (%)	70	90
Time (hours)	48	72
Inoculum (cells/mL)	10^6	10^8
Inhibitor (ppm)	0	125

Table 2. Lycopene yields from each treatment in Plackett-Burman design.

Treatment	Variables evaluated							Lycopene (mg/g PUF)
	Carbon	pH	Aeration	Inoculum	Moisture	Regulator	Time	
1	1	1	1	1	1	1	1	0.021 ± 0.0054
2	-1	1	-1	-1	1	-1	1	No detected
3	1	-1	-1	-1	-1	1	1	No detected
4	1	-1	1	-1	1	-1	-1	No detected
5	1	1	1	1	-1	-1	-1	No detected
6	-1	-1	-1	1	1	1	-1	No detected
7	-1	-1	1	1	-1	-1	1	No detected
8	-1	1	1	-1	-1	1	-1	No detected

These differences may be due to microorganisms and culture conditions used.

CONCLUSIONS

Lycopene production by *R. glutinis* using SSF represents an attractive alternative for microbial pigments production. It is important to evaluate other factors in lycopene production.

BIBLIOGRAPHY

- Bhosale, P.B. and R.V. Gadre. 2000. Production of β -carotene by a mutant of *Rhodotorula glutinis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 55(4): 423-427.
- Choudhari, S.M., L. Ananthanarayanan and R.S. Singhal. 2008. Use of metabolic stimulators and inhibitors for enhanced production of β -carotene and lycopene by *Blakeslea trispora* NRLL 2895 and 2896. *Bioresource Technology*. 99: 3166-3173.
- Feofilova, E.P., V.M. Tereshina, A.S. Memorskaya, L.M. Dul'kin and N.G. Goncharov. 2006. Fungal lycopene: the biotechnology of its production and prospects for its application in medicine. *Microbiology*. 75 (6): 629-633.
- Goodwin, T.W. 1971. Biosynthesis of carotenoids and plant triterpenes. *Biochemical Journal*. 123(3): 293-329.
- Hsiao, G., T.H. Fong, N.H. Tzu, K.H. Lin, D.S. Chou, and J.R. Sheu. 2004. A potent antioxidant, lycopene, affords neuroprotection against microglia activation and focal cerebral ischemia in rats. *In vivo*. 18(3): 351-356.
- López-Nieto, M.J., J. Costa, E. Peiro, E. Méndez, M. Rodríguez-Sáiz, J.L. De la Fuente, W. Cabri and J.L. Barredo. 2004. Biotechnological lycopene production by mated fermentation of *Blakeslea trispora*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 66(2): 153-159.
- Matos, H.R., V.L. Capelozzi, O.F. Gomes, P. Di Mascio and M.H.G. Medeiros. 2001. Lycopene inhibits DNA damage and liver necrosis in rats treated with ferric nitrilotriacetate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 396 (2): 171-177.
- Orzua, M.C., S.I. Mussato, J.C. Contreras-Esquivel, R. Rodríguez, H. de la Garza, J.A. Teixeira, and C.N. Aguilar. 2009. Exploitation of agroindustrial wastes as immobilization carrier for solid-state fermentation. *Industrial Crops and Products*. 30: 24-27.
- Taskin, M., T. Sisman, S. Erdal and E. Kurbanoglu. 2011. Use of waste chicken feathers as peptone for production of carotenoids in submerged culture of *Rhodotorula glutinis* MT-5. *European Food Research and Technology*. 233(4): 657-665.
- Yurkov, A.M., M.M. Vustin, B.V. Tyaglov, I.A. Maksimova and S.P. Sineokiy. 2008. Pigmented basidiomycetous yeasts are a promising source of carotenoids and ubiquinone Q10.

Producción de Biomasa de Hongos filamentosos en Soya (*Glycinemax L.*) para Obtención de Harinas Fermentadas

Biomass Production from Filamentous Fungi in Soybean (Glycinemax L.) for Obtaining Fermented Flours

Londoño Liliana¹, Bolívar Germán², Ramírez Cristina³

- 1 Estudiante de Maestría en Ingeniería de Alimentos - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. liliana.l.hernandez@correounivalle.edu.co
- 2 Profesor Titular - Facultad de Ciencias - Departamento de Biología - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. german.bolivar@correounivalle.edu.co
- 3 Profesora Asociada - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. cristina.ramirez@correounivalle.edu.co

RESUMEN. La soya (*Glycinemax L.*), es una fuente importante de proteínas, pero algunas sustancias biológicamente activas como los inhibidores de tripsina pueden interferir con su digestibilidad. Los procesos de fermentación sólida son ampliamente utilizados para disminuir este tipo de componentes, por lo cual es importante su estudio e industrialización. Con el objetivo de seleccionar un hongo filamentoso eficiente para ser utilizado en un proceso de fermentación sólida y la adecuación requerida de soya molida para producción de harina, se evaluó la velocidad radial, longitudinal y la biomasa producida durante 4 días. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial

complemente al azar con un nivel de significancia de 0,05. Se encontró que los hongos *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168) y *Rhizopus Oligosporus* (ATCC 22959) presentaron las mejores características de crecimiento en los tratamientos con la soya cruda seca, siendo la velocidad radial promedio de 1,02 y 1,06 mm/h, la velocidad longitudinal promedio de 8,32 y 9,95 mm/h y la producción de biomasa de 6,97 y 6,90% respectivamente.

Palabras claves: Fermentación sólida, velocidad de crecimiento, biomasa fúngica, Factores Antinutricionales.

ABSTRACT. Soybean (*Glycinemax L.*) is an important source of protein, but some biologically active substances such as trypsin inhibitors may interfere with digestibility. Solid fermentation processes are widely used to decrease these types of components, therefore it is important its study and industrialization. The radial and longitudinal velocity and the biomass produced was evaluated for 4 days in order to select an efficient filamentous mold for being used in a solid-state fermentation process and the required adjustment of soybean for producing flour. For statistical analysis, a random factorial design was used with a significance level of 0.05. It was found that the molds *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168) and *Rhizopus oligosporus* (ATCC 22959) showed the best growth characteristics in treatments with dry soybeans, with the average radial velocity of 1,02 and 1,06 mm/h, the average longitudinal velocity of 8,32 and 9,95 mm/h and the production of biomass of 6,97 and 6,90% respectively.

Key words: Solid-state fermentation, growth rate, fungal biomass, antinutritional factors

INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycinemax L.*), es una legumbre ampliamente utilizada en la alimentación de animales por sus altos contenidos proteínicos, además de hierro, fósforo y vitaminas. Sin embargo, la presencia de algunos factores antinutricionales, principalmente inhibidores de proteasas, oligosacáridos y saponinas, reducen el valor nutricional de la soya (Martínez *et al.*, 2013; Ortíz, 2009). Todos los factores antinutricionales pueden ser reducidos hasta niveles de seguridad para su empleo si se someten los granos a tratamientos adecuados, tales como remojado, cocción, tostado, entre otros. Sin embargo, cuando se someten a tratamientos térmicos, éstos pueden afectar la digestibilidad de la proteína, la disponibilidad de los aminoácidos y el valor energético de la grasa (Ortíz, 2009). La fermentación sólida, representa una alternativa tecnológica viable para reducir factores antinutricionales, mejorando la digestibilidad, las propiedades organolépticas e incrementando el valor nutricional de una gran variedad de legumbres y cereales (Omoisebi *et al.*, 2013). Los hongos filamentosos, tales como los *Aspergillus spp* y *Rhizopus spp*, reconocidos como GRAS son los más utilizados en este tipo de procesos. La caracterización de la velocidad de crecimiento micelial y de producción de biomasa es importante en el diseño y operación del proceso de fermentación sólida, por tal motivo en este estudio, se determinó el tipo de hongo y las condiciones a las cuales

debe acondicionarse el sustrato para obtener las mejores características de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 4 microorganismos: *Aspergillus oryzae* (ATCC 20387), *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168), *Rhizopus Oligosporus* (ATCC 22959), *Aspergillus Oryzae* (ATCC 2666), suministrados por la colección de microorganismos del Grupo MIBIA (Microbiología y Biotecnología Aplicada de la Universidad del Valle) y Soya (*Glycinemax L.*) molida y tamizada en malla 50. Para determinar el tipo de microorganismo y el acondicionamiento apropiado del sustrato, se evaluó: soya cruda seca, soya remojada durante 16 h en agua acidificada a pH 3.5, y soya cocinada durante 15 min. después de remojado, las cuales se colocaron en medio de cultivo agar-agar/soya en cada una de las unidades experimentales, durante 4 días. Para la velocidad longitudinal, se inocularon tubos de Ryan con 200 μ L de una dilución de esporas de 8×10^7 /mL y se evaluó el crecimiento cada 12 h; para el crecimiento radial, se cortaron discos de 5 mm de diámetro de muestras del hongo, colocándose en cajas Petri y registrando la longitud diametral cada 12 h; para la determinación de biomasa se inocularon 200 μ L de una dilución de esporas de 8×10^7 /mL en una caja Petri con papel filtro, el cual se retiró al cabo del tiempo de crecimiento y la biomasa producida fue lavada y llevada posteriormente a peso seco. Todos los tratamientos se incubaron a 30°C y humedad relativa promedio de 70%. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial completamente al azar con dos factores, tipo de microorganismo y adecuación del sustrato (cruda seca, remojado cruda, remojado cocido), tres variables de respuesta (velocidad radial, velocidad longitudinal y biomasa) y un nivel de significancia de 0.05, empleando el software Minitab®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se reportan en la Tabla 1. Para los hongos del género *Rhizopus* el crecimiento radial y longitudinal promedio, presentaron una tendencia lineal después de las 8 h de crecimiento, mientras que para los *Aspergillus* el tiempo de inicio de crecimiento estuvo alrededor de las 18 h. Los valores promedios de velocidad radial se encontraron en un rango de 0.14 a 1.06 mm/h, velocidad longitudinal entre 0.57 a 9.95 mm/h, y producción de biomasa entre 1,36 a 6.97%. A diferencia de los hongos del género *Aspergillus*, el pH inicial del medio, la temperatura ambiente y la humedad relativa, favorecieron el desarrollo de *Rhizopus*

Tabla 1. Características de crecimiento de Hongos Filamentosos, en sustratos con soya.

MO	Velocidad Radial (mm/h)			Velocidad Longitudinal (mm/h)			Biomasa (%)		
	S	R	CC	S	R	CC	S	R	CC
<i>Rhizopus Oryzae</i> (MUCL 28168)	1,02 ± 0,02 ^{a,b}	0,74 ± 0,07 ^{c,d}	0,67 ± 0,01 ^d	8,32 ± 0,27 ^{a,b}	8,68 ± 0,18 ^{a,b}	6,60 ± 1,34 ^{b,c,d}	6,97 ± 1,11 ^a	2,69 ± 2,05 ^{c,d}	2,83 ± 0,78 ^{c,d}
<i>Rhizopus Oligosporus</i> 22959	1,06 ± 0,05 ^a	0,94 ± 0,04 ^{a,b}	0,89 ± 0,01 ^{b,c}	9,95 ± 1,32 ^a	5,52 ± 0,64 ^{b,c,d,e}	7,47 ± 2,72 ^{a,b,c}	6,80 ± 1,08 ^{a,b}	1,20 ± 0,20 ^d	3,17 ± 0,82 ^{b,c,d}
<i>Aspergillus Oryzae</i> 20387	0,29 ± 0,08 ^e	0,08 ± 0,05 ^f	0,17 ± 0,03 ^{e,f}	2,65 ± 0,58 ^{e,f,g}	1,69 ± 1,02 ^g	4,39 ± 1,03 ^{c,d,e,f}	2,14 ± 0,48 ^{c,d}	1,36 ± 0,75 ^d	2,72 ± 0,90 ^{c,d}
<i>Aspergillus Oryzae</i> 2666	0,25 ± 0,05 ^e	0,63 ± 0,11 ^d	0,14 ± 0,03 ^{e,f}	3,82 ± 0,15 ^{d,e,f}	0,57 ± 0,55 ^g	2,50 ± 0,33 ^{e,f,g}	3,78 ± 1,92 ^{a,b,c,d}	5,26 ± 0,48 ^{a,b,c}	3,23 ± 2,53 ^{a,b,c,d}

S: Seca, R: Remojada, CC: Cocinada.

Se reporta la media y la desviación estándar. Las medias de la misma columna con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Oryzae y *Rhizopus Oligosporus*, los cuales presentaron mejor velocidad de crecimiento y producción de biomasa debido posiblemente a su mayor actividad enzimática (Sriherwanto, 2010), aprovechando por tanto, los nutrientes del medio. En general, los valores más altos de velocidad de crecimiento (radial y longitudinal) y producción de biomasa se obtuvieron para el sustrato crudo seco, seguido por el cocido, lo que indica que las condiciones del sustrato, como el hongo utilizado, presentaron efecto significativo, siendo esto corroborado por el análisis estadístico, ya que $p < 0.05$. El sustrato crudo puede favorecer el crecimiento miceliar, dado a que estos hongos contienen las enzimas apropiadas para la digestión de este tipo de sustratos (Robert Nout & Aidoo, 2010).

CONCLUSIÓN

En condiciones ambientales en las que fue realizado el estudio, los hongos del género *Rhizopus* en soya cruda seca, presentaron las mejores características de adaptación y crecimiento, siendo una característica importante para futuros usos de estos microorganismos en procesos de fermentación sólida industrial, mostrándose con un elevado potencial para la obtención de materias primas de alta digestibilidad destinadas tanto para alimentación humana como animal.

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez, M. L., and M.A. Marín. (2013). Optimization of soybean heat-treating using a fluidized bed dryer. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1144-1150.
- Omosibi, M. O. and E.T. Otunola. (2013). Preliminary studies on tempeh flour produced from three different *Rhizopus* species. *International Journal of Biotechnology and Food Science*, 5(1), 90-96.
- Ortiz, A. (2009). Implicaciones de la utilización de altos niveles de soja en avicultura. En: *Memorias. XLVI Symposium científico de avicultura. Zaragoza, España*.
- Robert Nout, M. and K. Aidoo. (2010). Asian Fungal Fermented Food. En M. Hofrichter, *Industrial Applications* (págs. 29-58). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sriherwanto, C. (2010). Studies on the Solid State Fermentation of Cassava Bagasse for Animal Feed. *Thesis Doctor of Natural Sciences*. Hamburg: Department of Chemistry Faculty of Mathematics, Informatics, and Natural Sciences University of Hamburg.

Hexyl Acetate Production Immobilized in Dried Calcium Alginate Using *Burkholderia cepacia* Lipase in n-Heptane

Producción de Acetato de Hexilo Usando Lipasa de *Burkholderia cepacia* Inmovilizada en Alginato de Calcio Seco en n-Heptano

Giovana S. Padilha¹, Ranulfo M. Alegre²

¹Post Doc, State University of Campinas (UNICAMP), Department of Food Engineering, School of Food Engineering. giovana_padilha@yahoo.com.br

² Professor, State University of Campinas (UNICAMP), Department of Food Engineering, School of Food Engineering. ranulfo@fea.unicamp.br

Abstract: Hexyl acetate (pear flavor) production was investigated using immobilized *Burkholderia cepacia* lipase by esterification of acetic acid with hexanol in n-heptane. The enzyme was immobilized in calcium alginate and dried at 30 °C. The effect of concentration of the immobilized lipase (10, 20 and 30% w/v) using acid to alcohol with molar ratio of 0.1, 0.3 and 0.5 showed good response of esterification. The best result was obtained in the production of hexyl acetate with yields up to 90 % using 30 % (w/v) of immobilized lipase and molar ratio 0.5.

Keywords: lipase, *Burkholderia cepacia*, immobilization, hexyl acetate.

Resumen: Fue estudiada la producción de acetato de hexilo (aroma de pera) por esterificación en ácido acético con hexanol en n-heptano, utilizando la enzima lipasa de *Burkholderia cepacia*. La lipasa fue inmovilizada en alginato de calcio y posteriormente seca a 30 °C. El efecto de la concentración de la lipasa inmovilizada (10, 20 y 30% (m/v)) y de la relación molar de ácido:alcohol de 0,1, 0,3 y 0,5 usados mostró una buena respuesta de esterificación. El mejor resultado se obtuvo en la producción de acetato de hexilo con rendimientos de hasta 90% utilizando 30% (m/v) de la lipasa inmovilizada y relación molar ácido:alcohol de 0,5.

Palabras clave: lipasa, *Burkholderia cepacia*, inmovilización, acetato de hexilo.

INTRODUCTION

Natural flavor esters extracted from plant materials are often expensive for commercial use. Furthermore, the chemical synthesis requires post-treatment by using inorganic catalyst. The use of biotechnology appears to be attractive in various ester preparations under milder conditions and the obtained compound could be labeled as natural. Moreover, this method could reduce the cost of the process compared to the direct extraction from fruits (Welsh *et al.*, 1989; Ozylmaz and Gezer, 2010; Guillén *et al.*, 2012).

One can note that the main hurdle to the use of free lipase in ester production is the cost of biocatalysts. In addition, the

conversion yield of the ester synthesis using immobilized lipase generally is lower than the yield obtained by free lipases, since inhibition by organic solvents or short chain acid used in the reaction medium can occur. This inhibition can be successfully tackled by the immobilization of the enzyme. In fact, the use of immobilized lipases in industrial applications is very important including its reuse, ease in application of batch and continuous systems, possibility of better control of the reactions and improved stability that reduces catalyst costs (Ozylmaz and Gezer, 2010; Horchani *et al.*, 2012).

The enzyme for the present study is the lipase from *Burkholderia cepacia* (E.C. 3.1.1.3). The lipases occupy a prominent position in many industrial and biotechnological applications, being the unique in that they hydrolyze fats into fatty acids and glycerol at a water-lipid interface and can reverse the reaction in the non-aqueous system (Betigeri and Neau, 2002; Schmid and Verger, 1998).

The main goals of this study were to obtain esters of low molecular weight as hexyl acetate. The reactions were carried out with the immobilized enzyme in the presence of n-heptane with molar ratio 0.1, 0.3 and 0.5 with different amounts of immobilized lipase.

MATERIAL AND METHODS

Material.

Burkholderia cepacia lipase, sodium alginate, hexanol and acetic acid were obtained from the Sigma Aldrich (St. Louis – USA). Acetone, ethanol, n-heptane, potassium hydroxide and calcium chloride were obtained from Synth (Diadema – Brazil).

Methods

Lipase immobilization into dried calcium alginate gel.

200 mL of lipase-alginate solution was dripped with syringe into 500 mL of CaCl₂ solution (4% w/v) at room temperature. As soon as the solution was dripped into CaCl₂ solution, calcium alginate gels were formed by cross-linking. After 30 min of

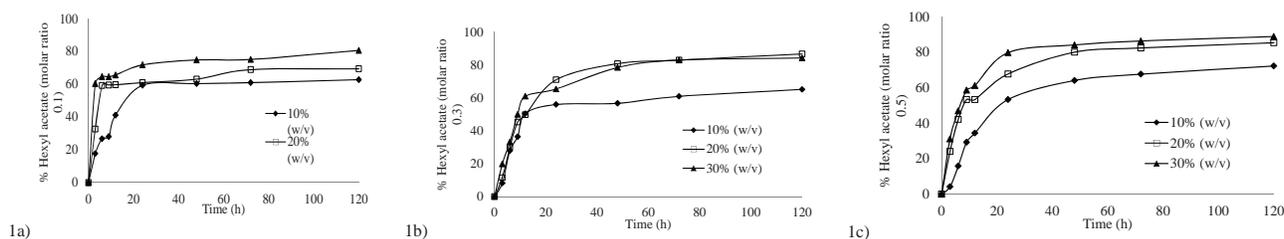


Figure 1. Hexyl acetate yield by immobilized lipase from *Burkholderia cepacia* a) (molar ratio 0.1), b) (molar ratio 0.3) and c) (molar ratio 0.5).

hardening, the beads were separated into sieve ($25\mu\text{m}$) and washed with distilled water. The beads were dried in incubator a 30°C with air circulation, leaving 5% moisture (Padilha *et al.*, 2012).

Hexyl acetate synthesis. Ester synthesis was carried out in 50 mL screw-capped flasks in *n*-heptane. The reaction mixture (15 mL) containing substrates and enzyme was incubated on an orbital shaker at 37°C and 150 rpm. The molar ratio effect of acid and alcohol (0.1, 0.3 and 0.5) and the immobilized enzyme concentration (10, 20 and 30 % w/v) were investigated. In the reaction media the synthesis was carried out in the presence of molecular sieves. Aliquots of the reaction mixture were withdrawing during 120 h to determine the fatty acid consumption (Padilha *et al.*, 2013).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of the lipase immobilized amount and acid-alcohol molar ratio. Figures 1a, 1b and 1c shows the hexyl acetate yield during the reaction course using different amount of immobilized enzyme at molar ratio 0.1, 0.3 and 0.5. In all figures, at the beginning there was a clear difference among the reaction rates, but after 24 h the reaction rate started to stabilize. Only the reaction yield with 30 % of immobilized enzyme and molar ratio 0.1 increased drastically after 9 h of reaction. The possibility for the sudden change of reaction rate can be due the activation of the enzyme in this condition. The esterification conditions presented in this work may be very useful for the development of a production process of hexyl acetate ester. Karra-Châabouni *et al.* (2006) showed 41% of hexyl acetate conversion with optimum conditions of 10 % (w/w), a molar ratio acetic acid to hexanol of 1 and 37°C . Our results were more expressive. Few researches are found in the hexyl acetate production using biocatalysts. Attesting the ester presence in our experiments was the characteristic pear flavored during the experiments.

CONCLUSION

The production of hexyl acetate is possible with *Burkholderia cepacia* lipase immobilized in dried calcium alginate as biocatalyst. Hexyl acetate formation there was the best yield was in 30% (w/v) enzyme amount and molar ratio 0.5 (88.8% hexyl acetate production). The efficient synthesis of hexyl acetate can be due to the use of *n*-heptane in the system displaced the equilibrium towards synthesis of ester over a total transfer in the organic phase.

BIBLIOGRAPHY

- Betigeri, S. and S.H. Neau. 2002. Immobilization to lipase using hydrophilic polymers in the form of hydrogel beads. *Biomaterials* 23: 3627-3636.
- Guillén, M., M.D. Benaiges and F. Valero. 2012. Biosynthesis of ethyl butyrate by immobilized recombinant *Rhizopus oryzae* lipase expressed in *Pichia pastoris*. *Biochem. Eng. J.* 65:1-9.
- Horchani, H., I., Aissa, S. Ouertani, Z. Zarai, Y. Gargouri and A. Sayari. 2012. Staphylococcal lipases: Biotechnological applications. *J. Mol. Catal. B: Enzym* 76:125-132.
- Karra-Châabouni, M., H. Ghamgui, S. Bezzine, A. Rekik and Y. Gargouri. 2006. Production of flavour esters by immobilized *Staphylococcus simulans* lipase in a solvent-free system. *Process Biochem.* 41: 1692 – 1698.
- Ozylmaz, G. and E. Gezer. 2010. Production of aroma ester immobilized *Candida rugosa* and porcine pancreatic lipase into calcium alginate gel. *J. Mol. Catal. B: Enzym* 64:140-145.
- Padilha, G.S., R.M. Alegre and E.B. Tambourgi. 2012. Study of morphology, stability and structure of *Burkholderia cepacia* lipase with alginate gels. *Int. Rev. Chem. Eng* 4(2): 162-167.
- Padilha, G.S., M. de Barros, R.M. Alegre and E.B. Tambourgi. 2013. Production of ethyl valerate from *Burkholderia cepacia* lipase immobilized in alginate. *Chem. Eng. Transac.* 32:1063-1068.
- Schmid, R.D. and R. Verger. 1998. Lipases: interfacial enzymes with attractive applications. *Angew. Chem. Int. Ed* 37:552-557.
- Welsh, F.W., W.D. Murray and R.E. Williams. 1989. Microbiological and enzymatic production of flavor and fragrance chemicals. *Crit. Rev. Biotechnol* 9: 105–169.

Establecimiento de Condiciones Óptimas de Bio-encapsulación de Dieta Viva *Artemia* y su Enriquecimiento con Emulsiones.

Establishment of Optimal Conditions of Live Artemia diet Bio-encapsulation and its Enrichment with Emulsions.

González, Adens¹; Gajardo, Gonzalo²; Matiacevich, Silvia¹ y Martínez, Claudio¹.

¹Universidad de Santiago de Chile, Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Obispo Manuel Umaña 050, Estación Central, Santiago Chile

² Universidad de Los Lagos, Laboratorio de Genética, Acuicultura & Biodiversidad. Fuchslocher 1305, Osorno Chile. adens1@gmail.com

Resumen. El microcrustáceo *Artemia* es la dieta viva de mayor uso en el cultivo de larvas de peces y por ser un organismo filtrador no

selectivo de partículas en suspensión permite bio-encapsular sustancias mejorando su contenido nutritivo, los cuales son acumulados en el tracto digestivo y estarán disponibles para las larvas de destino cuando sean consumidas. En este contexto, el presente trabajo centra su atención en la manipulación nutricional de la dieta viva *Artemia*. El objetivo general es formular una dieta emulsionada bioencapsulable a través de *A. franciscana*. Entre los resultados obtenidos está una dieta multi-nutritiva de máxima eficacia bioencapsulante en términos de incorporación de nutrientes, particularmente DHA/EPA logrando llegar a 10/18.2 mg/g y de estabilidad mejorada al compararla con el control.

Palabras clave: alimentación, nauplio, *A. franciscana*, DHA, EPA, estabilidad

Abstract. The *Artemia* microcrustacean is the most used live diet in the culture of fish larvae and being a non-selective organism of particles in suspension, it allows bio-encapsulation of substances improving their nutritional content, which are accumulated in the digestive tract and will be available for the destination larvae when they are consumed. In this context, this paper focuses on live *Artemia* diet nutritional manipulation. The overall objective is to formulate an emulsified bioencapsulable diet by *A. franciscana*. Among the results is a maximum bioencapsulating effectiveness multi-nutrient diet in terms of nutrient uptake, particularly DHA/EPA which was able to reach to 10/18.2 mg/g and improved stability control.

Key words: Feeding, nauplii, *A. franciscana*, DHA (docosahexaenoic acid), EPA (eicosapentaenoic acid), stability.

INTRODUCCIÓN

Artemia es un crustáceo de importancia comercial para la alimentación de larvas de peces, que si bien no tiene un perfil nutricional idóneo, es posible manipularlo a través de su enriquecimiento, el cual hace necesario el control de

algunas variables para la obtención de un rendimiento óptimo en términos de incorporación de nutrientes, en particular el DHA por su importancia en larvicultura y baja incorporación en *Artemia*. El objetivo de este trabajo fue: i) establecer las condiciones óptimas de los factores tiempo y temperatura en el cual el proceso de bio-encapsulación maximice la incorporación de DHA en una cepa local de *Artemia*, ii) y su enriquecimiento con dietas emulsionadas experimentales, junto a su caracterización en términos de estabilidad y comportamiento en el medio de enriquecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó *A. franciscana* de las Salinas de Cahuil de Pichilemu, Chile. Se incubaron y eclosionaron según (Agh *et al.*, 2005). i) Se utilizó la emulsión comercial Easy Selco® 0,6g/L para enriquecer nauplios Instar II. El diseño experimental usado fue Superficie de Respuesta Modelo Factorial 32. Los tiempos de incubación probados fueron 8, 18 y 28 horas y temperaturas de 16, 23 y 30°C. Las otras condiciones de laboratorio se mantuvieron constantes y controladas según recomendaciones de fabricante. ii) Se probaron tres concentraciones de DHA y EPA en emulsiones experimentales (o/w) a base de aceite de pescado (70% de sólidos solubles), y lecitina de soya como emulsificante, manteniendo siempre una relación 2,5 entre ellos: 100 y 40 mg/g; 200 y 80 mg/g; 300 y 120 mg/g. Se consideró un blanco sin enriquecer y un control enriquecido con la emulsión comercial. Las emulsiones se caracterizaron a través de un ensayo de estabilidad y su desempeño en el estanque de enriquecimiento (acuario), por medio de un equipo TurbiScan. Complementariamente se evaluó el tamaño de la micela o partícula, formada por la emulsión, por medio del programa Motic. Además se bioencapsuló astaxantina en concentraciones de 24 mg/g. Para el análisis de ácidos grasos y astaxantina, se realizó cromatografía de

gases, y cromatografía líquida respectivamente de la biomasa enriquecida. Para astaxantina adicionalmente se realizó un análisis de color con fotocolorímetro en el espacio CIE Lab. Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA y Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

i) El contenido de DHA (mg/gDW) se maximiza con la combinación 23 horas y 22°C (Figura 1). Estos resultados son coincidentes a los de (Figueiredo *et al.*, 2009), pero contrastan con las sugerencias de (Sorgeloos *et al.*, 2001).

ii) A mayor concentración de DHA en el enriquecimiento, mayor fue su bioencapsulación llegando a 10 mg/g DW con la dieta III siendo significativamente diferente a los otros tratamientos. En cambio EPA y total omega 3 (n3), si bien aumenta su bioencapsulación en Artemia conforme al aumento de la concentración en la emulsión, no es marcado entre los tratamientos, solo con el blanco (Figura 2).

Al analizar el desempeño de las dietas en los acuarios, se evidencia que el acuario Selco se aclara en la base del tubo, a cambio de su concentración en la superficie, es decir la parte oleosa migró dando lugar al fenómeno de inestabilidad

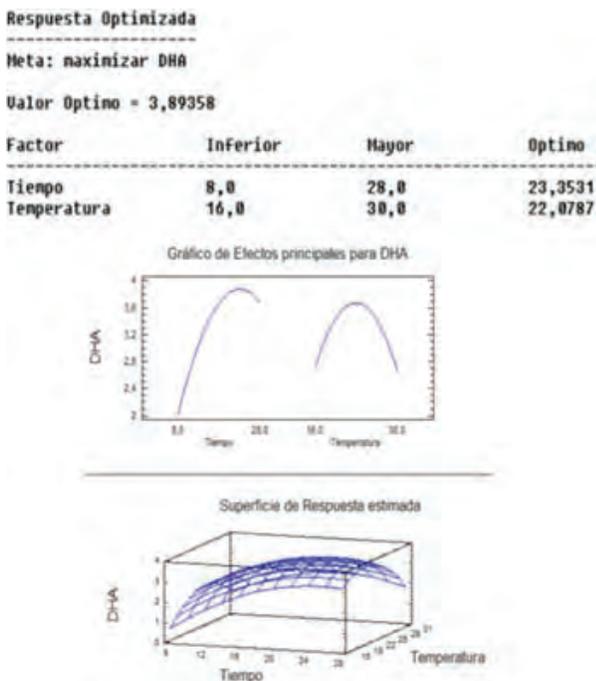


Figura 1. Optimización de bioencapsulación de DHA

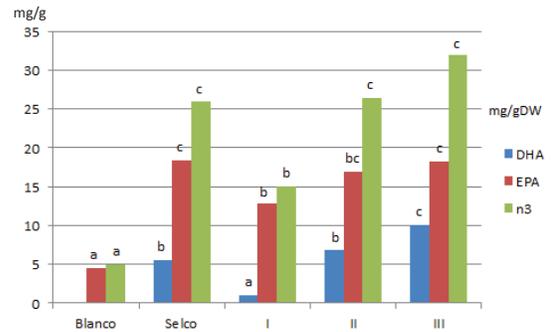


Figura 2. Gráfico de bioencapsulación de ácidos grasos según dietas

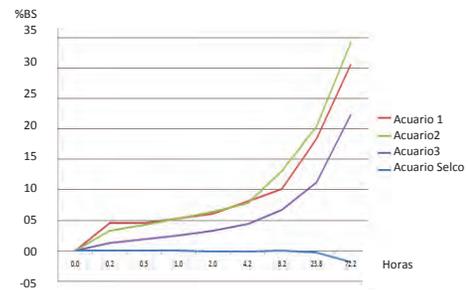


Figura 3. Gráfico de estabilidad en el tiempo por emulsión

(cremado), en cambio las dietas experimentales tienden a concentrarse en la zona centro del tubo (aumento %BS) especialmente la dieta II (Figura 3), lo cual es un buen escenario para el proceso de enriquecimiento.

Los tamaños de las gotas formadas por las emulsiones de las dietas I, II y III son estadísticamente iguales y potencialmente bioencapsulable por tener tamaños $< 50 \mu\text{m}$, en cambio la emulsión comercial Selco presenta tamaños cercanos a los $3 \mu\text{m}$ (Figura 4), que si bien es bioencapsulable en su totalidad, su tamaño no se encuentra en el rango de preferencias de filtración, ya que hay evidencia de la influencia del tamaño de las partículas en el proceso de filtración de los nauplios, teniendo preferencia por tamaños entre $6,8$ y $27,5 \mu\text{m}$ (Gelabert, 2001). Astaxantina se detectó en concentración promedio de 1.5 mg/g en biomasa encapsulada, pero no en el blanco (datos no mostrados), por lo tanto su presencia es debida exclusivamente a la bioencapsulación. Complementario a lo anterior, en el análisis de color se muestra una significativa diferencia del tratamiento con astaxantina versus el blanco y el control (Figura 5).

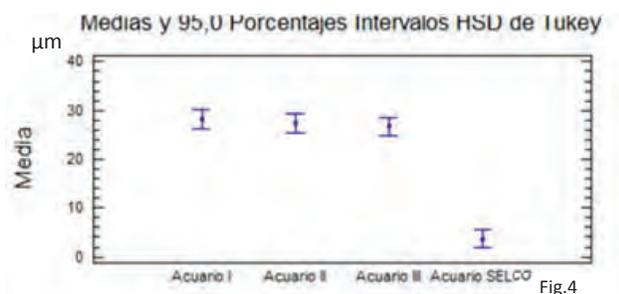


Figura 4. Gráfico de Medias del tamaño de micelas de las emulsiones

CONCLUSIÓN

Los niveles óptimos de enriquecimiento fueron encontrados para maximizar DHA.

Cantidades crecientes de DHA fueron encapsuladas y reflejadas en la biomasa, y su presencia junto con astaxantina, depende exclusivamente al aporte dietario.

El desempeño de las emulsiones experimentales en los estanques de enriquecimientos muestran una mayor estabilidad que la emulsión de referencia Selco, pero todas presentan tamaños de partículas adecuadas para su encapsulación.

AGRADECIMIENTOS.

Proyecto FONDEF-D0911256 y Beca CONICYT 21110024.

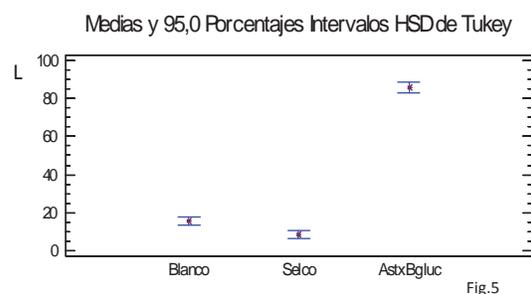


Figura 5. Gráfico de Medias del parámetro L (CIE Lab)

BIBLIOGRAFIA

- Agh, N and P. Sorgeloos. 2005. Handbook of protocols and guidelines for culture and enrichment of live food for use in larviculture. Artemia and Aquatic Animals Research Center. Urmia University. Urmia. Iran. 60 p.
- Figueiredo, J., van Woesik, R., Lin, J., Narciso, L. 2009. *Artemia franciscana* enrichment model - How to keep them small, rich and alive? *Aquaculture* 294:212-220.
- Gelabert, R. 2001. Artemia bioencapsulation I. Effect of particle sizes on the filtering behavior of *Artemia franciscana*. *Journal of crustacean biology* 21 (2), 435- 442.
- Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200, 147-159.

Procesamiento Digital de Imágenes como Herramienta para la Medición de Biomasa en Fermentación en Estado Sólido

Digital Image Processing as Tool for Measuring Biomass in Solid State Fermentation

Juan C Oviedo¹, Ana E Casas¹, Jaime A Valencia² y Lucas García¹, Jose E. Zapata², y Margarita E Ramirez¹

1 Escuela de Ingenierías, U. Pontificia Bolivariana, Circular 1 No. 70-01 Medellín-Colombia.
2 Depto Ingeniería Eléctrica y Departamento de alimentos, UdeA calle 67 No. 53 - 108 Medellín-Colombia. juan.oviedo@upb.edu.co

Resumen. El objetivo del trabajo fue el procesamiento digital de imágenes (PDI) como herramienta para modelar el crecimiento de la biomasa del *Pleurotus pulmonarius*, empleado tusa de maíz como sustrato a través del modelo logístico. La biomasa se midió por los métodos indirectos de las concentraciones de proteína y ergosterol. El procesamiento de los datos se llevó a cabo correlacionando las áreas y las concentraciones de proteína y ergosterol. Los datos fueron procesados en Matlab. Se obtuvieron R^2 ajustados de 0,963 para la concentración de proteína y 0,936 para la concentración de ergosterol. Los resultados obtenidos, muestran que el PDI es una alternativa para medir y modelar biomasa en fermentación en estado sólido (FES).

Palabras clave: Crecimiento logístico, crecimiento microbiano, modelación matemática, *Pleurotus pulmonarius*.

Abstract. The objective of this paper was digital image processing (PDI), as a tool for modeling *Pleurotus pulmonarius* biomass growth, used corncob as substrate through the logistic model. Biomass was measured by indirect methods of protein concentrations and ergosterol. The data processing was performed by correlating areas and concentrations of protein and ergosterol. The data were processed in Matlab. There was obtained 0.963 r^2 adjusted for protein concentration and the concentration

of 0.936 to ergosterol. The results show that the PDI is an alternative for measuring and modeling biomass in solid state fermentation (SSF).

Key words: Logistic growth, microbial growth, mathematical modeling, *Pleurotus pulmonarius*

INTRODUCCIÓN

La fermentación en estado sólido (FES), se define como el crecimiento de microorganismos en un material sólido con ausencia parcial o total de humedad libre (Padey *et al.*, , 2008). La FES, a pesar de tener una de las muchas ventajas, tiene como problema, la cuantificación y/o medición de la biomasa y su respectiva modelación. Existen varios métodos para la medición de la biomasa por FES, como la medición de la producción de glucosamina, el contenido ergosterol, la concentración proteína, cambios en el peso seco o evolución de la producción de CO₂; sin embargo todos presentan inconvenientes al momento de obtener datos precisos sobre el desarrollo del proceso y la obtención de modelos matemáticos, por la dispersión en el crecimiento de las células sobre el sustrato sólido (Viccini *et al.*, , 2001; Padey *et al.*, , 2008; Rani *et al.*, , 2009). Por lo anterior, se deben buscar técnicas que ayuden a solucionar el problema anterior, por lo que aparece el procesamiento digital de imágenes (PDI), que es una técnica que brinda una alta gama de aplicaciones (Martin, 2013), debido a que permite transformar o describir una imagen en una función matemática; por lo anterior, se presenta como una alternativa para la medición y modelación de la biomasa en FES. El objetivo del trabajo fue el PDI como herramienta para modelar el crecimiento de la biomasa del *Pleurotus pulmonarius*, empleado tusa de maíz como sustrato a través del modelo logístico, usando las correlaciones de las concentraciones de proteína y ergosterol con las áreas de crecimiento (Smiths, 1998) y calculadas a través del PDI en Matlab.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó tusa de maíz obtenida en la Central Mayorista de Antioquia con no más de 8 horas de desgrano, la cual fue desinfectada, molida, secada y almacenada en bolsas resellables, por no más de 30 días. Los factores de crecimiento, para la FES fueron temperatura, humedad y tamaño de partícula, los cuales fueron establecidos en un trabajo anterior. Dichas variables son 25 °C, 80 % y 335 μm respectivamente, además de la formulación completa del medio de cultivo (ACTA, 2010). Cada montaje consta de 10 cajas Petri, las cuales se inocularon con micelio de

Pleurotus pulmonarius, inoculado con semilla (spawn) en agar papa dextrosa (APD). Cada tres días a todas las caja de petri se le tomaba una fotografía con una cámara digital de 14 megapixeles a una altura de 12 cm y una resolución 4x wide 27 mm – woxmm, sobre un fondo negro; una de las cajas era llevada para medirle la proteína por el método de Kjeldahl y el ergosterol por el método combinado de Brodie *et al.*, . (2003). Al anterior procedimiento (Ensayos) tanto para la concentración de proteína como para el contenido de ergosterol, se realizaron 3 réplicas. Los datos obtenidos de concentración de proteína y contenido de ergosterol en el tiempo, fueron llevados al CFTOOL de Matlab®.

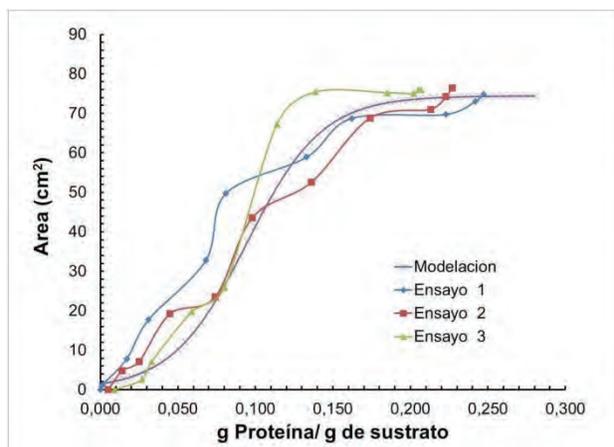
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las correlaciones de la concentración de proteína y ergosterol contra el área; dicho comportamiento se ajusta a un comportamiento logístico (Peleg *et al.*, , 2007) uno de los comportamientos básicos del crecimiento en FES (Mitchell *et al.*, , 2004).

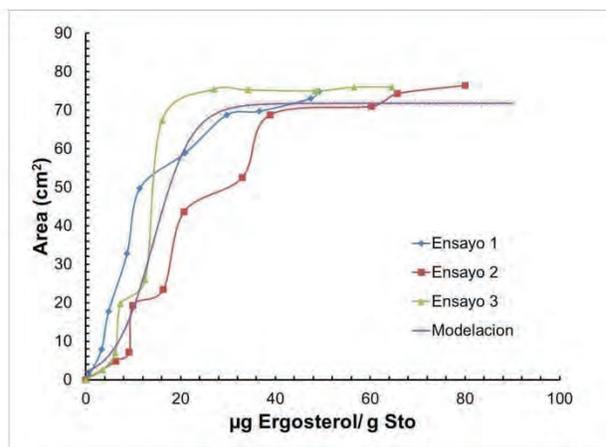
En la Tabla 1 aparecen los R² ajustados de cada modelo, además de los demás ajustes estadísticos (SSE y RMSE). Para la concentración de proteína el ajuste fue de 0,963 el cual es alto; el R² ajustado para la concentración de ergosterol fue de 0,936 que siendo menor que el de la concentración de proteína, es bueno. De otro lado, aparecen los coeficientes de la ecuación logística β₁, β₂ y β₃. Tanto para la concentración de proteína como de ergosterol, el β₁ indica la máxima área de crecimiento que se podría obtener; para el caso de la proteína es de 73,950 cm² y

Tabla 1. Ajustes del CFTOOL al modelo logístico.

$y = \beta_1 / (1.0 + \beta_2 \exp(-\beta_3 x))$		
Coefficientes	Concentración de Proteína	Concentración de Ergosterol
β ₁	73,950	72,610
β ₂	23,050	14,460
β ₃	38,200	0,181
SSE	1032	1706
r ²	0,965	0,940
r ² ajustado	0,963	0,936
RMSE	5,865	7,542



A. Correlación Proteína vs Área



A. Correlación Ergosterol vs Área

Figura 1. Correlación de Biomasa vs Área: A. Concentración de Proteína B. Concentración de Ergosterol

para el ergosterol de 72,610 cm². Los otros parámetros hacen parte del ajuste. De esta forma, midiendo el área, podría hacerse una aproximación de la concentración de proteína y ergosterol.

CONCLUSIÓN

Se pudieron correlacionar las áreas de crecimiento con las concentraciones de proteína y ergosterol con r^2 ajustado de 0,963 y 0,936 respectivamente; con lo anterior se podría emplear el PDI para la medición de biomasa en FES.

BIBLIOGRAFÍA

Brodie, E., S. Edwards, N. Clipson, 2003. Soil fungal community structure in a temperate upland grassland soil. *FEMS Microbiol Ecol.* Jul 1; 45(2):105-14.

Martin, M., 2013. Procesamiento digital de imágenes. Primera edición. Puebla. Editorial Universidad autónoma de Puebla. 15 – 20 p.

Mitchell, D., O.F. Von Meien, N. Krieger and F.D.H. Dalsenter, 2004. A review of recent developments in modeling of microbial growth kinetics and intraparticle phenomena in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 17(1), 15–26.

Padey, A., C. Socol, C. Larroche, 2008. *Current Developments in Solid-state Fermentations* (Editors).

Asiatech Publishers, INC (Springer): 3-12.

Peleg, M., M.G. Corradini and M.D. Normand, 2007. The logistic (Verhulst) model for sigmoid microbial growth curves revisited. *Food Research International*, 40(7), 808–818. doi:10.1016/j.foodres.2007.01.012

Rani, R., A. Kumar, C. Socol, A. Pandey, 2009. Recent advances in solid state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*. 44: 13-18.

Smiths, J.P. et. al., 1998. The influence of temperature on kinetics in solid-state fermentation. En: *Enzyme and Microbial Technology*. Turkey. vol. 22; p.50-57.

Viccini, G *et al.*, 2001. Analysis of Growth Kinetic Profiles in Solid-State Fermentation. *Food Technol. Biotechnol.* 39 (4): 271–294

Elaboración de una bebida alcohólica a partir de pulpa de uva y harina de arroz

Obtention of an alcoholic beverage from grape pulp and rice flour

Katherin Rodríguez González¹ y Ángela María Otálvaro A.²

¹ Ingeniera de Alimentos, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. krodriquez50@unisalle.edu.co

² Profesora Asociada, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. amotalvaro@unisalle.edu.co

Resumen. En este trabajo, se evaluó la producción de una bebida alcohólica a partir de un sustrato compuesto por mezclas de harina de arroz y pulpa de uva *Isabella (Vitis labrusca)* (desde 50 hasta 100% harina de arroz). La metodología seguida, partió del acondicionamiento de las materias primas, etapa a la que siguió la incorporación de éstas en una matriz que fue sometida a hidrólisis utilizando enzimas comerciales (Fungamyl® R2500 SG y AMG® 1100 BG). Luego, los sustratos obtenidos se fermentaron utilizando *Saccharomyces cerevisiae* a 22 °C, pH 4,5 durante 15 días. El producto de este proceso, se filtró al vacío, se envasó en botellas de vidrio ámbar y se llevó a pasteurización por 30 minutos a 65°C, antes de proceder a almacenarlo a 4°C. Respecto a los resultados, en la hidrólisis, los sustratos con mayor sustitución de harina de arroz por pulpa de uva presentaron concentraciones más elevadas de azúcares reductores, alcanzando valores de $116,84 \pm 0,45$ g/L en el tratamiento con un sustrato 50% de harina de arroz y 50% pulpa de uva y menores cantidades en el tratamiento con 100% de harina de arroz, con $98,89 \pm 3,47$ g/L. De otro lado, en cuanto a la producción de alcohol durante la fermentación, aunque no se presentaron diferencias significativas entre los sustratos empleados, la concentración máxima de alcohol obtenida (5,54 %v/v) fue baja comparada con los de una bebida alcohólica tipo Sake, que era lo esperado.

Palabras Clave: Hidrólisis, almidón, azúcares reductores fermentación, rendimiento alcohólico.

Abstract. In this work, the production of an alcoholic beverage from a substrate composed of rice flour and *Isabella grape pulp (Vitis labrusca)* (from 50 to 100% rice flour) was evaluated. The methodology included a conditioning stage of raw materials, previous to its incorporation into a matrix that was subjected to hydrolysis using commercial enzymes (Fungamyl® R2500 GS and AMG® 1100 BG). Then, these substrates were fermented by *Saccharomyces cerevisiae* at 22° C, pH 4,5 during 15 days. The products of this process were vacuum filtered, filled into amber glass bottles and then pasteurized for 30 minutes at 65°C before storage at 4°C. Regarding the results, for hydrolysis, substrates

with more rice flour replaced by grape pulp reached higher concentrations of reducing sugars, a value of $116,84 \pm 0,45$ g/L was obtained in the treatment with 50% of rice flour and 50% grape pulp higher than the value of $98,89 \pm 3,47$ g/L obtained with 100% rice flour. While in alcohol production during fermentation, although there was no significant difference between treatments, the maximum value achieved was 5,54% v/v obtained with 80% of rice flour and 20% of grape pulp was lower compared with Sake value.

Key words: Hydrolysis, starch, reducing sugars fermentation, alcoholic performance.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se produce arroz en departamentos como Tolima, Casanare, Huila y Meta, con una superficie cultivada de 462.174 Ha (Fedearroz, 2013). Durante el proceso de molienda, algunos granos sufren rotura convirtiéndose en una fracción de menor valor. Esta situación crea la necesidad de buscar procesos que permitan valorizar esta materia prima. Una de estas alternativas, puede ser la obtención de una bebida similar al Sake, cuya participación en el mercado de bebidas alcohólicas en Colombia es de 1,9% con tendencia a incrementar (Fedesarrollo, 2012).

Como componente innovador en el procesos de elaboración de una bebida alcohólica tipo Sake, surgió la inquietud por adicionar el sustrato disponible (harina de arroz) con una fruta, en este caso, la uva, por su contenido de azúcares y sus características particulares (color, compuestos bioactivos, etc.), pues en trabajos anteriores como el de (Shimamura *et al.*, 2001), se ha estudiado que la adición de otras matrices en el sustrato empleado para la elaboración de bebidas a partir de arroz, afecta positivamente el producto obtenido.

Respecto a la elaboración del Sake, el proceso de tradicional desarrollado en Japón incluye tres etapas centrales hidrólisis, fermentación y pasteurización (Serna-Saldivar *et al.*, 2010). En este proceso, la hidrólisis desempeña un papel importante,

pues es allí donde se obtienen los azúcares reductores requeridos en la fermentación, esta investigación tomará como base los resultados de (Beltrán y Herreño *et al.*, 2010) y (Rebros *et al.*, 2006), e incluirá dos enzimas comerciales (alfa-amilasa y glucoamilasa) en esta etapa, considerando que al utilizarse solo la amilasa, las concentraciones de azúcar alcanzadas a partir de un sustrato que mayoritariamente está compuesto por almidón (harina de arroz) son bajas, en comparación con las alcanzadas realizando una segunda hidrólisis con glucoamilasa.

En este marco, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de arroz (*Oryza sativa*) por pulpa de uva Isabella (*Vitis labrusca*) en un sustrato utilizado para la elaboración de una bebida alcohólica similar al Sake.

MATERIALES Y MÉTODOS

En cuanto a las materias primas empleadas se usó pulpa uva Isabella (*Vitis labrusca*) conservada a 4°C obtenida luego de escaldado de la uva a 60 °C por 5 min y despulpado de la misma. Igualmente se empleó harina de arroz blanco (*Oryza sativa*), obtenida luego de la molienda y tamizado de los granos (se conservó la fracción retenida en el tamiz 60, serie Tyler). Para la hidrólisis enzimática se prepararon mezclas con sustituciones de 50, 40, 30, 20, 10 y 0% de harina de arroz por pulpa de uva, cuya formulación fue basada en la investigación de (Shimamura *et al.*, 2001).

Dichas mezclas se homogenizaron y se les añadió agua, hasta llegar a una relación 1:10 sólido seco-agua. Las matrices

obtenidas, se gelatinizaron calentando a 70°C por 10 min y se utilizaron para la hidrólisis enzimática que se desarrolló con agitación constante a 150 rpm con: Fungamyl® R2500 SG (a 37°C, pH 4,7 por 1h) y AMG® 1100 BG (a 55°C pH= 4,7 por 30 min). Luego de la hidrólisis, se realizó fermentación de los sustratos obtenidos por 15 días con *Saccharomyces cerevisiae* (Safale Us- 05) a 22 °C, pH 4,5. Durante esta etapa del proceso, se midió el etanol (Martínez y Hernández 2005) y los azúcares reductores (Nielsen, 2003). Al terminar, se filtraron los mostos al vacío, se pasteurizaron a 65°C por 30 min y se conservaron en envases ámbar. Todos los ensayos se realizaron por duplicado y se sometieron a análisis estadístico ANOVA ($p \geq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los resultados de la etapa de hidrólisis se puede observar un aumento en la concentración de azúcares reductores en los sustratos con mayor cantidad de pulpa de uva, ver Figura 1. Aumento que de acuerdo al análisis estadístico ANOVA realizado a estos tratamientos, demostró diferencias significativas entre éstos al 95% del nivel de confianza.

En lo referente a la fermentación, en la Figura 2, se observan las concentraciones de azúcares reductores a lo largo de esta etapa para cada uno de los tratamientos. Se evidencia que el máximo consumo de azúcares se presenta para el tratamiento que incluye 50% de pulpa de uva y 50% de harina de arroz ($87,9 \pm 0,002\%$) y el mínimo para el tratamiento al 0 % de pulpa de uva con un consumo del $83,0 \pm 0,002\%$. Sin embargo no se encontraron diferencias significativa entre los

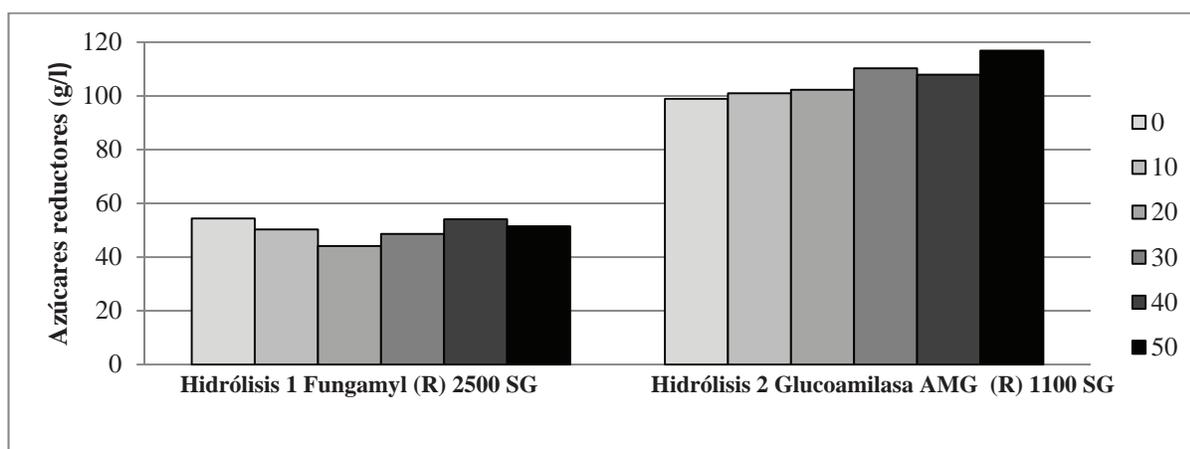


Figura 1. Azúcares reductores luego de las hidrólisis enzimáticas

Cada barra representa un sustrato con el % de sustitución de harina de arroz por pulpa de uva indicada en el recuadro.

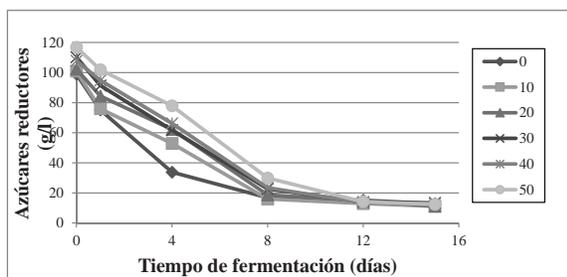


Figura 2. Seguimiento azúcares reductores en la fermentación alcohólica.

Cada línea representa un sustrato con el % de sustitución de harina de arroz por pulpa de uva indicada en el recuadro.

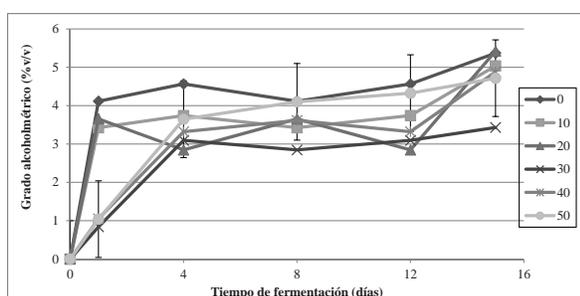


Figura 3. Seguimiento del grado alcohólico durante la fermentación.

Cada línea representa un sustrato con el % sustitución de harina de arroz por pulpa de uva indicada en el recuadro.

tratamientos evaluados ($p \leq 0,05$) según análisis estadístico ANOVA.

Asimismo, se realizó el seguimiento de la concentración de alcohol para cada tratamiento durante esta etapa, resultados consignados en la figura 3.

Como se aprecia en la figura, la muestra con mayor producción de alcohol al término de la fermentación fue la correspondiente al sustrato con 20% sustitución de harina de arroz por pulpa de uva, con $5,54 \pm 1,33$ %, sin embargo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0,05$) según análisis estadístico ANOVA. Adicionalmente, la concentración de alcohol obtenida fue inferior a la esperada para una bebida tipo Sake, que en general presenta un valor teórico del 14 % (Serna-Saldivar, 2010).

En cuanto al rendimiento producto-sustrato, calculado para todos los tratamientos, el mayor valor se obtuvo en la muestra al 50% de pulpa de uva y correspondió al 67,64 %.

CONCLUSIONES

Todos los tratamientos permitieron llegar a sustratos con concentraciones de azúcares reductores suficientes para un proceso de fermentación alcohólica. Sin embargo, la generación de etanol a partir de éstos fue lenta, debido quizás a la falta de agitación en el sistema fermentativo, al tipo de levadura empleada y las condiciones de procesos. De otro lado, se observó que a pesar de no existir diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al alcohol producido al término de la fermentación, los rendimientos alcohólicos aumentaron al aumentar la proporción de harina de arroz en éstos.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, A.D y L.A. Herreño. 2010. Aplicación de la enzima α -amilasa comercial BAN® 4801 a la harina de arroz de la variedad Fedearroz 50 para la elaboración de una bebida vegetal. Tesis de pregrado en Ingeniería de Alimentos. Universidad de La Salle. Bogotá D.C. 135p
- Fedearroz. 2013. Importación de arroz a Colombia desde 2000 al 2013. En: Fedearroz, <http://www.fedearroz.com.co/new/importaciones.php> 1 p.; consulta: 17 de febrero del 2013.
- Fedesarrollo. 2012. Una Estimación de la Adulteración y la Falsificación de Bebidas Alcohólicas en Colombia. Ed. Fedesarrollo, Bogotá. 158 p.
- Martínez, P y A.F. Hernández. 2005. Capítulo 56: Investigación toxicológica. pp.789-791. En: Gisbert Calabuig J., Villanueva Cañadas E. (ed). Medicina legal y toxicología. Sexta edición. Elsevier, España. 1416p.
- Nielsen, S. 2003. Food analysis. Tercera edición. Klower Academic Publishers, New York. 557 p.
- Rebros, M., M. Rosenberg, Z. Mlichová, L. Kristofíková y M. Paluch. 2006. A simple entrapment of glucoamylase into LentiKats® as an efficient catalyst for maltodextrin hydrolysis. Enzyme and Microbial Technology 39: 800-804.
- Serna-Saldivar, S.R.O. 2010. Cereal Grains. Properties, Processing, and Nutritional Attributes. Primera edición. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton. 747 p.
- Shimamura, K., T. Hozumi y O. Sasaki. 2001. Process for the production of carbonated alcoholic beverages using koji, malt and various. Tokyo. Patent number: US6262000 B1, 2001-06-24.
- Suárez, D.X. 2003. Guía de procesos para la elaboración de néctares, mermeladas uvas pasas y vinos. Primera Edición. Convenio Andrés Bello. Bogotá D.C.40p.

Caracterización del Extracto Enzimático de una Cepa Fúngica con Capacidad Hidrolítica

Fungal Enzymatic Extract of Characterization With Capacity Hydrolytic

Arnulfo Tarón Dunoyer¹, Jaime Pérez Mendoza², Ingrid Ballestas Rodríguez³

1 Facultad de Ingeniería Universidad de Cartagena. Piedra de Bolívar. Calle 30 No.48-152. petetaron@yahoo.com.mx.

2 Facultad de Ingeniería Universidad de Cartagena. Piedra de Bolívar. Calle 30 No.48-152

3 Estudiante de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín

Resumen. En este estudio desarrollado en las plantas piloto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena se logra caracterizar enzimáticamente un preparado fúngico en cuanto a su pH, Temperatura y capacidad de hidrólisis. La actividad enzimática es determinada por colorimetría en un colorímetro marca Spekol utilizando el método de Miller modificado. El preparado enzimático de *A. oryzae* presenta una actividad amilolítica considerable para utilizar en la industria cervecera, se obtiene un pH óptimo para la fracción amilasa comprendido entre los 5,2 y 5,5 unidades de pH y una temperatura óptima comprendida entre los 55 y 60°C, utilizando una concentración óptima de 25 g/L de harina de sorgo sin perlar (HSSP) en el medio de fermentación. Se logra hidrolizar más del 70% sustrato utilizando Almidón al 1% disuelto en buffer fosfato, la hidrólisis enzimática se hizo ensayando un tiempo total de hidrólisis de 100 min, la máxima actividad enzimática fue de 0.72U/mL.

Palabras clave: Enzimas, *A.oryzae*, extracto enzimático.

Abstract. In this study conducted in the pilot plants of the faculty of Engineering, University of Cartagena, an enzymatically characterization of fungal prepared in terms of pH, temperature and hydrolysis capacity, enzyme activity is determined by colorimetry using a colorimeter brand SPEKOL using a modified method Miller. The enzyme prepared of *A. oryzae* having a substantial amylolytic activity for use in the brewing industry, optimal pH for amylase fraction comprised between 5.2 and 5.5 pH units, and an optimum temperature of between 55 ° C and 60 ° C, using an optimal concentration of 25 g/L of sorghum flour without pearling (HSSP) in the fermentation medium is obtained. Hydrolyzing achieved over 70% starch substrate using 1% dissolved in phosphate buffer; the enzymatic hydrolysis is made by testing a total hydrolysis time of 100 min. The maximum enzymatic activity was 0.72U/mL.

Key words: Enzymes, *A. oryzae*, enzymatic extract.

INTRODUCCIÓN

En la producción de cerveza uno de los procesos más importantes lo constituye la maceración, donde ocurren las

transformaciones de los nutrientes del mosto cervecero, como resultado de la acción de las enzimas presentes en el cereal. Estas enzimas no logran siempre una conversión total, ocasionando problemas en la fermentación, en la turbidez y fermentaciones secundarias. Lo anterior se evita evitando adicionando enzimas externas al mosto procedente de cepas responsables de su producción, como la del *Aspergillus oryzae* cepa fúngica y mesófila productora de un complejo enzimático rico en amilasas, fosfatasa, y proteasas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La actividad enzimática es determinada utilizando el método de Miller modificado, empleando como base de cálculo una curva patrón de glucosa preparada en iguales condiciones. Para calcular el pH óptimo se ensayaron diferentes rangos de este al igual con que con la temperatura. Para los estudios de hidrólisis se tomó como tiempo total de ensayo 100 minutos tomando como base de cálculo una curva patrón de almidón. Se utilizó el programa computacional STATGRAPHICS Centurion XVI y Origin v8.5. Las réplicas de los ensayos enzimáticos fueron realizadas por triplicado, los resultados se expresan como las medias de sus valores. Se realiza análisis de varianza y cuando fue necesario se aplicó la prueba de comparación de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig 1 se observa los resultados obtenidos en cuanto a la actividad amilolítica de los extractos enzimáticos de la cepa de *A. oryzae*. Al utilizar una concentración de 25g/L de HSSP en el medio de fermentación se obtiene un incremento significativo ($p < 0.05$) en la actividad amilolítica (0.72U/mL), esta actividad se corresponde con la de los preparados enzimáticos comerciales existentes. (Voulasek, 2003). Al utilizar una concentración de 20g/L y 30g/L de

HSSP en el medio de cultivo se obtienen valores en la actividad enzimática por debajo de los obtenidos (0,59U/mL y 0,68 U/mL) utilizando 25g/L. La posible causa de esto, radica que en el primer caso haya un consumo de sustrato muy rápido por parte

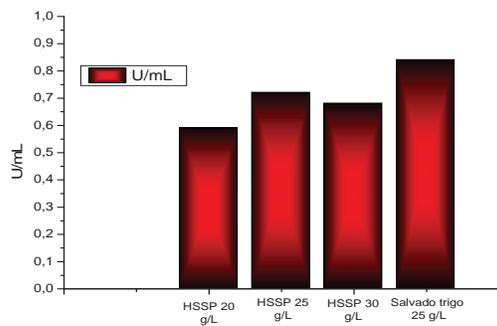


Fig 1. Actividad enzimática de la cepa de *A. oryzae*.

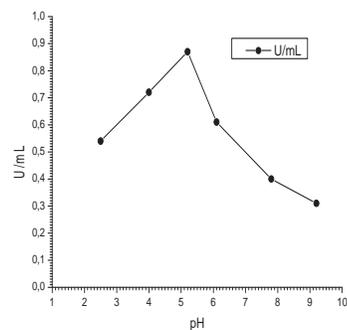


Fig 2. pH óptimo del extracto enzimático.

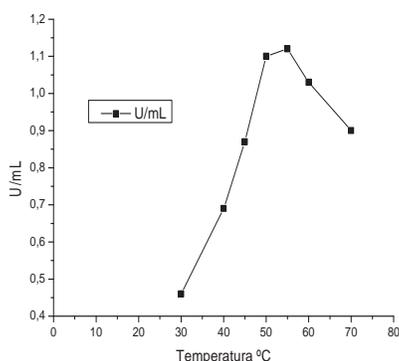


Fig 3. Temperatura óptima del extracto enzimático.

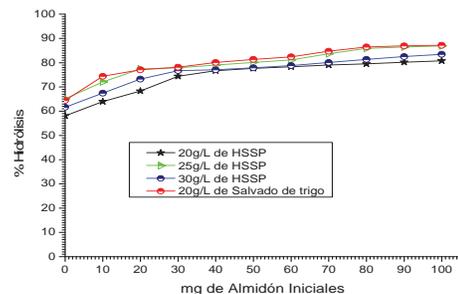


Fig 4. Capacidad de Hidrolisis de almidón de los EEC de la cepa de *A. oryzae* a 60°.

del microorganismo, trayendo consigo una fase exponencial de crecimiento muy corta, provocando una pobre producción de enzimas. En el otro caso puede radicar que se esté presentando una represión enzimática por exceso de sustrato. (Chávez, 1999).

El pH óptimo de la fracción amilasa se encuentra en el rango de 5-6 unidades de pH, lo cual se aprecia claramente en la Figura 2. Este resultado guarda estrecha relación con los que presentan las amilasas de *A. oryzae* y las especies fúngicas en general. Este comportamiento estudiado, a la vez que caracteriza este preparado enzimático proporciona las condiciones óptimas de aplicación y una mayor efectividad al utilizarlo. El valor de pH obtenido se corresponde con los obtenidos por Igyor *et al.*, 1998.

Con una concentración de 25g/L de HSSP en el medio de cultivo es cuando se obtienen los mayores porcentajes de hidrólisis, dando la posibilidad de utilizar esta concentración para obtener complejos enzimáticos con propiedades para desdoblar los almidones en la etapa de maceración del mosto cervecero. Estos resultados alcanzados están en correspondencia con los reportados por Osaky *et al.*, (2008), que lograron hidrolizar un 88% en un tiempo de 80 min.

CONCLUSIONES

Los parámetros cinéticos de los extractos enzimáticos, están en correspondencia en sentido general con los preparados enzimáticos comerciales de origen fúngico y bacterianos. Se obtuvo un extracto enzimático con actividad adecuada para ser utilizada en la industria cervecera.

BIBLIOGRAFÍA

- Chávez, M., J. Díaz y J. Delfina. 1999. Enzimología. Principios básicos y aplicaciones. Editorial Guadalupe; Buenos Aires. Argentina. pp 212-245.
- Volasek, G. 2003. Importance of culture condition in the synthesis of extracellular alpha amylase by *Aspergillus oryzae*. Miteilungen der versuchsstation for das gaerung enerbe. 27 (19):169-179.
- Igyor, M., A. Ogbonna and G. Palmer. 1998. Effect of malting temperature and time on enzyme development and sorghum wort properties. Journal of the Institute of Brewing. 194(2):101-104.
- Osaki, M., H. Matsui, M. Honma and T. Tadano. 1995. Purification and properties of acid phosphatase secreted from lupin roots under phosphorus-deficiency conditions. Soil. Sci. Plant Nutr. 41:461-469.

Comportamiento de la Fermentación Alcohólica de Miel Adicionando Clavo (*Eugenia Caryophyllata*) y Ají (*Capsicum Annuum*)

Behavior of Alcoholic Honey Fermentation by Adding Clove (*Eugenia Caryophyllata*) and Chili (*Capsicum Annuum*)

Martha Cuenca¹, Amaury Blanco¹, Nazly Pulido¹, Juan Carlos Serrato¹

¹ Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Carrera 30 #45-03, Ed. 500C, Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia, e-mail: mmcuencaq@unal.edu.co, ajblancop@unal.edu.co, napulidoc@unal.edu.co, jcserratob@unal.edu.co

Resumen. En este trabajo se llevó a cabo la fermentación para la producción de hidromiel con el fin de evaluar el efecto de la utilización de diferentes especias: Clavo, ají y una mezcla de las dos. Se utilizó miel de abejas proveniente de la región de Boyacá, Colombia y miel de la región de Alto Adige, Italia. Se llevó a cabo el seguimiento de acidez titulable, °Brix, densidad, glucosa, fructosa, glicerol y etanol mediante HPLC. Se prepararon mostos con $24,0 \pm 0,3$ °Brix. Las fermentaciones se realizaron a 25°C durante diez y siete días utilizando *Saccharomyces cerevisiae* subsp *bayanus*. Realizando un ANOVA y una prueba de Tukey con nivel de significancia de 5%, se encontraron diferencias significativas para todos los parámetros determinados en cada una de las fermentaciones. Se obtuvo una correlación múltiple lineal entre la productividad del proceso y las diferentes variables determinadas.

Palabras clave: Hidromiel, HPLC, especias.

Abstract. In order to evaluate the effect of using different spices: clove, chili and a mixture of those, mead fermentation was done. It was used honey from Boyacá, Colombia, and from Alto Adige, Italy. titratable acidity, Brix, density and glucose, fructose, glycerol and ethanol by using HPLC were measured. Musts were prepared with 24.0 ± 0.3 °Brix. Fermentations were performed at 25°C for seventeen days by using *Saccharomyces cerevisiae* subsp *bayanus*. Performing an ANOVA and a Tukey test with a significance level of 5%, there were found significant differences for all parameters in each of the fermentation. A multiple linear correlation among productivity and different measured variables were obtained.

Key words: Mead, HPLC, spices.

INTRODUCCIÓN

El hidromiel es una bebida tradicional, en África y Europa Oriental, que se fabrica principalmente de forma artesanal, utilizando miel, agua, flores, frutas, hierbas y especias

de la región donde se elabora; en América del sur no se encuentran desarrollos importantes en este tipo de bebida (Ramalhosa y Gomes 2011). En Colombia, la Cadena Apícola se encuentra desarrollando productos que permitan incrementar la productividad y generar una mayor calidad de vida para los apicultores (Laverde *et al.*, 2010). Los procesos fermentativos son una alternativa útil para la generación de productos con un mayor valor agregado, que cumplan con las diversas expectativas que los posibles consumidores esperan (Ramalhosa y Gomes, 2011). La estandarización de este tipo de procesos, así como el seguimiento a lo largo del tiempo de dicha fermentación es muy importante, con el fin de caracterizar no sólo el producto sino lo que va sucediendo a lo largo del tiempo. La adición de sustancias que aporten diversos sabores diferentes, tales como las especias, ha sido muy utilizada para elaborar bebidas caseras, y puede tener efecto también en el comportamiento que la levadura lleve a cabo para la realización de la fermentación (Roldán *et al.*, 2011). El presente trabajo presenta la productividad de la fermentación relacionada con los resultados cromatográficos y de variables fisicoquímicas tradicionales determinadas, con el fin de establecer el monitoreo de la fermentación alcohólica de miel de abejas con la adición de diferentes agentes aromatizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó miel de abejas proveniente de Boyacá (Colombia) y Alto Adige (Italia). La miel se diluyó con agua potable, proveniente del acueducto de Bogotá, hasta obtener una solución de $24,0 \pm 0,3$ grados Brix. Se prepararon cuatro mostos con adición de 4 g/L de polen. En la Tabla 1 se presenta la identificación de cada una de las fermentaciones realizadas. Se llevó a cabo pasteurización de los mostos iniciales en todos los ensayos a 65°C por 5 minutos.

Tabla 1. Fermentaciones evaluadas a lo largo del tiempo.

Nombre		Característica
Italia	Colombia	País
1I	1C	Miel y Polen
2I	2C	Miel, polen, ají (<i>Capsicum annum</i>)
3I	3C	Miel, polen, clavo (<i>Eugenia caryophyllata</i>)
4I	4C	Miel polen, clavo y ají

Las fermentaciones se realizaron utilizando *Saccharomyces cerevisiae subsp. bayanus* a 25°C sin agitación y por duplicado durante diez y siete días. Se determinaron °Brix, densidad (g/mL) y acidez titulable (g ácido tartárico/L) de acuerdo con las metodologías reportadas por (Blanco *et al.*, 2012), así como glucosa, fructosa, etanol y glicerol (% p/V) mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) marca Jasco con detector de índice de refracción según método AOAC 984.14, 2005. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) utilizando el software Matlab 7.9.0 R2009b.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la realización de un análisis ANOVA y una prueba de Tukey con $\alpha = 0,05$ para cada una de las muestras evaluadas a lo largo del tiempo, se encontraron para todos los casos diferencias significativas en cada una de las ocho fermentaciones llevadas a cabo y cada uno de los parámetros determinados, lo cual tiene relación con la composición inicial de cada uno de los mostos y el comportamiento que la levadura tiene debido a la variación de factores tales como el origen de la miel y el tipo de especias adicionadas, lo cual está de acuerdo con estudios reportados previamente (Pereira *et al.*, 2009); adicionalmente, la levadura utilizada se emplea generalmente para la producción de vino blanco.

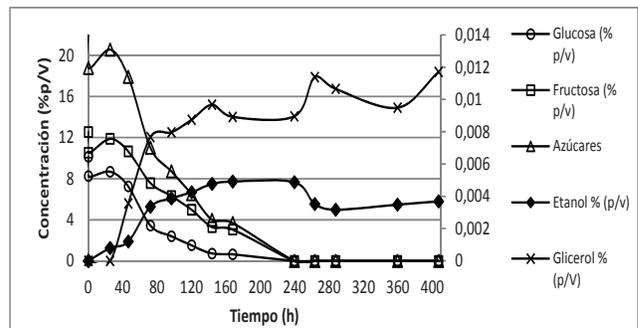


Figura 1. Perfil de cambio en la concentración de azúcares, etanol y glicerol a lo largo del tiempo para la fermentación de miel colombiana sin adición de especias (1C).

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos mediante HPLC para los azúcares, glucosa, fructosa, etanol y glicerol de la fermentación de miel colombiana sin adición de especias (1C), tendencia que se presenta para las demás fermentaciones. Se observa que la glucosa y la fructosa son consumidas por la levadura para generar etanol y glicerol, prefiriendo inicialmente el consumo de glucosa. Estos perfiles cambian en cuanto a la velocidad de desaparición de azúcares y aparición de alcoholes, resultados confirmados mediante el ANOVA y la prueba de Tukey, pues se encontró que todas las fermentaciones presentaron un comportamiento diverso.

Debido a que todas las variables determinadas presentan significancia estadística a lo largo del tiempo para todas las fermentaciones, se generaron modelos lineales múltiples para cada una de las fermentaciones evaluadas, teniendo como variable de respuesta la productividad del proceso (%p/V de etanol/h), y como variables independientes todas las variables determinadas. En la Tabla 2 se presentan los parámetros para el modelo, así como el R^2 . Se puede observar que todos los parámetros son diferentes, confirmando una vez más los

Tabla 2. Parámetros para los modelos múltiples lineales encontrados para cada fermentación.

Ensayo	Intercepto	Tiempo (h)	Azúcares (%p/V)	Glucosa (%p/V)	Fructosa (%p/V)	Glicerol (%p/V)	Etanol (%p/V)	Densidad (g/mL)	Brix	Acidez (g ácido tartárico/L)	R ²
1C	-12,93871	-3,26E-05	-7,64E+11	7,64E+11	7,64E+11	-3,22525	0,00504	12,84792	-0,04752	0,01102	0,89006
2C	3,52859	-9,7717E-05	2,5932E+12	-2,5932E+12	-2,5932E+12	3,17282	0,00939	-3,53721	0,00624	0,00298	0,93595
3C	-1,79498	-1,45E-04	2,76E+12	-2,76E+12	-2,76E+12	1,8583	0,01274	1,77874	-0,00244	-0,00412	0,57606
4C	-21,27479	1,56E-04	-2,15E+10	2,15E+10	2,15E+10	-1,64692	0,0064	21,167	-0,07844	0,00271	0,53127
1I	-3,09172	5,86E-04	2,05E+13	-2,05E+13	-2,05E+13	6,16819	0,01392	2,85533	-0,01139	-0,00233	0,95173
2I	-13,79116	0,00020358	-2,7646E+12	2,7646E+12	2,7646E+12	3,59702	0,01554	13,7168	-0,05797	-0,00581	0,92814
3I	2,79605	-0,00027686	2,9919E+12	-2,9919E+12	-2,9919E+12	-0,08663	0,00291	-2,75954	0,0032	0,0149	0,8608
4I	7,13301	-4,8858E-05	1,4316E+12	-1,4316E+12	-1,4316E+12	1,56063	0,00833	-7,03514	0,01421	-0,00171	0,81928

resultados obtenidos; se tiene un buen ajuste para la mayoría de las fermentaciones, excepto para las fermentaciones 3C y 4C ($R^2 > 0,81$) debido probablemente a que la inclusión de clavo en los mostos con miel colombiana afecta notablemente el comportamiento de la levadura, haciendo el comportamiento para estas dos fermentaciones sea no lineal.

CONCLUSIÓN

Todas las fermentaciones realizadas presentaron un comportamiento estadísticamente diferente a lo largo del tiempo para todas las variables evaluadas, que muestra la influencia que tiene la composición del mosto sobre la acción de la levadura para la generación de un hidromiel, lo cual se puede ver a través de los análisis ANOVA, pruebas de Tukey y los parámetros obtenidos para los modelos lineales múltiples para las fermentaciones evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, A., M. Quicazán y M. Cuenca. 2012. Efecto de algunas fuentes de nitrógeno en la fermentación alcohólica de miel. *Vitae*, 19(1): 234–236.
- Laverde, J.C. *et al.*, 2010. *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas*, Bogotá.
- Pereira, A.P. *et al.*, 2009. Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 47(8): 2057–63.
- Ramalhosa, E. and T. Gomes. 2011. Mead Production: Tradition Versus Modernity. *Advances in food and nutrition research*, 63: 101–118.
- Roldán, a. *et al.*, 2011. Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics.

Eficiencia del Ensilado Químico y Bacteriano en Desechos de Camarón para la Obtención de Astaxantina

Efficiency of Chemical and Bacterial Ensilation from Shrimp Wastes for Astaxanthin Extraction

Miriam Franco Zavaleta¹, Isabel Guerrero Legarret²

1,2 Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Apartado Postal 55,535, C.P. 09340 México D.F. México, Tel. (52)(55)58044600 ext 2981. e-mail: framir90@yahoo.com.mx; isabel_guerrero_legarreta@yahoo.com

Resumen. La astaxantina es un pigmento carotenoides utilizado en la dieta de salmónidos para incrementar su color. El ensilado ácido es un proceso previo a la extracción de astaxantina para lograr la estabilización de los desechos de camarón. En este trabajo se comparó los ensilados químico y bacteriano en la eficiencia de extracción de la astaxantina. Desechos de camarón fueron adicionados con mezcla de ácidos fórmico-acético 4% -4% (v/p desechos) y en el bacteriano se adicionó un inóculo de bacterias lácticas (***Pediococcus sp.***). Ambos ensilados se sometieron a la extracción del pigmento con disolventes orgánicos, obteniéndose un residuo sólido y el licor (pigmento); los carotenoides fueron determinados como xantofilas totales y cuantificados por HPLC. Ambos ensilados mostraron diferencia significativa en el contenido de humedad, cenizas, proteínas y lípidos, con respecto a los desechos de camarón frescos. El ensilado químico presentó mayor contenido de xantofilas totales (0,81523 mg/g desechos), con respecto al bacteriano (0,65067 mg/g desechos); asimismo, el ensilado químico tuvo significativamente más contenido de astaxantina que el bacteriano (7,378E-03 y 5,383E-03 mg/mL de licor). Se concluyó que hubo mayor eficiencia en la extracción de astaxantina durante el ensilado

químico, aunque este proceso presenta la desventaja de ser más agresivo al medio ambiente.

Palabras clave: Carotenoides, ensilado ácido, fermentación láctica, pigmentos naturales

Abstract. Astaxanthin is a widely used carotenoid in salmonid diets for coloring purposes. Acid silage is a process applied prior to astaxanthin extraction, in order to stabilize shrimp wastes. Chemical and bacterial silages were compared to optimize astaxanthin extraction efficiency. Shrimp wastes were mixed with formic-acetic acids (4%-4%, v/w); bacterial silage was promoted by inoculating lactic acid bacteria (***Pediococcus sp.***). The pigment was later extracted from both systems using organic solvents; a solid residue and a liquor (pigment) were obtained, carotenoids were quantified as total xanthophiles by HPLC methods. The chemical silage showed higher total xanthophiles content than the bacterial silage (0.81523 and 0.65067 mg/g wastes); the astaxanthin concentration was significantly higher in the chemical silage (7.378E-03 and 5.383E-03 mg/mL liqueur). Therefore, chemical silage was more efficient, although less friendly to the environment.

Key words: Carotenoids, silage acid, lactic fermentation, natural pigments.

INTRODUCCIÓN

La astaxantina (3,3'-dihidroxi- β -caroteno 4,4'-diona) es el pigmento carotenoide más abundante en los desechos de camarón y es la utilizada en la dieta de salmónidos para lograr el tinte rojo-rosado que distingue a estas especies, aumentando el precio comercial de su carne. La astaxantina sintética cubre el 95% de la demanda mundial, con un alto costo; sin embargo, el uso de colorantes sintéticos es cada vez más restringido y debatido debido a su posible toxicidad, desarrollándose nuevos procesos para la obtención del pigmento desde fuentes naturales. La metodología para la obtención de astaxantina a partir de desechos de camarón consiste en una extracción directa ya sea utilizando disolventes orgánicos (Sachindra y Mahedrakar, 2005) o aceites vegetales (Sachinda *et al.*, 2006). El ensilado ácido es un proceso previo a la extracción del pigmento, aumentando la conservación del material debido a la acción de ácidos que son adicionados por vía química (orgánicos y/o inorgánicos) o bien producidos por vía microbiana (bacterias lácticas) (Armenta *et al.*, 2002), promoviendo la disminución del pH a niveles suficientemente bajos para evitar el crecimiento de microorganismos contaminantes. El ensilado ofrece ventajas como bajo costo y mayor estabilidad del producto. En el presente trabajo se comparó la eficiencia de los ensilados químico y bacteriano con respecto a la acidificación de los desechos de camarón y el rendimiento en la extracción de astaxantina en ambos procesos.

MATERIALES Y MÉTODOS

De pruebas preliminares se seleccionó una mezcla de ácidos fórmico-acético 4% -4% (v/v) y se adicionaron a los desechos de camarón (*L. vanameii*) previamente molidos, los ensilados se almacenaron a 4°C por 24 horas (Rouvinen-Watt, 2001); y en el ensilado bacteriano se adicionó inóculo de *Pediococcus* sp (5% v/v) y 10 % de dextrosa y almacenados a 30°C por 48 h (Armenta *et al.*, 2002). Ambos ensilados se colocaron en frascos ámbar y adición de antioxidantes BHA-BHT. A continuación, los pigmentos fueron centrifugados y posterior extracción del pigmento con mezcla de disolventes orgánicos (éter de petróleo:acetona:agua 15:75:10, en agitación x 3h), obteniéndose el licor conteniendo los pigmentos y un residuo sólido. Las xantofilas totales se determinaron por espectrofotometría y la concentración de astaxantina se cuantificó por HPLC (Armenta *et al.*, 2002). También se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteína total (Kjeldahl) y lípidos totales (Soxhlet) en ambos ensilados y sus

fracciones. Se aplicó un análisis estadístico con un diseño de bloques divididos comparando la eficiencia de los ensilados. Las variables de respuesta fueron: contenido de humedad, cenizas, proteínas, lípidos, xantofilas totales y concentración de astaxantina. Los resultados se sometieron a análisis de varianza ($\alpha=0.01$) y comparación múltiple de medias de Duncan. El paquete estadístico utilizado fue SAS (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ensilado se observó un descenso en el valor de pH inicial de los desechos de camarón desde 8,2 hasta valores de 3,5 y 4,5 para ensilados químico y bacteriano, respectivamente, siendo valores aceptables ($2 < \text{pH} < 5$) de acuerdo a lo reportado por Aranson (1994) para que el ensilado sea eficiente como método de preservación contra microorganismos causantes del deterioro del producto, ya que la actividad antimicrobiana se incrementa cuando el valor de pH está por debajo del pKa del ácido débil, debido a que el ácido debe estar en su forma no disociada para actuar como antimicrobiano (Aranson, 1994). Los resultados indicaron cambios en la composición química de los desechos de camarón en cada etapa durante el proceso de ensilado y extracción del pigmento (Tabla 1). Ambos ensilados mostraron una disminución significativa en el contenido de cenizas y proteínas en la fracción del residuo sólido con respecto a los desechos frescos ($P < 0,001$), observándose menor pérdida en el ensilado químico con valores de 23,1% y 1,6% para cenizas y proteínas, mientras que en el bacteriano se observó disminución del 27,7% y 6,3% para cenizas y proteínas, respectivamente. Esta disminución pudo ser debida a la disolución parcial de las sales de calcio (desmineralización) debida a la acción de los ácidos empleados en el ensilado; también durante este proceso, las proteínas (complejo caroteno-proteína) pudieron ser hidrolizadas liberando parcialmente el pigmento, con un incremento en la concentración de astaxantina. El contenido de lípidos disminuyó significativamente en ambos ensilados con valores de 48% y

Tabla 1. Composición de los ensilados y sus fracciones.

Ensilado	Fracción	Análisis fisicoquímicos			
		Humedad	Cenizas (g/100g)	Proteínas (% base húmeda)	Lípidos
Químico	residuo fresco	78.60	19.15	44.95	9.96
	residuo ensilado	79.70	14.71	44.19	5.12
	licor	na	na	11.54	3.74
	residuo sólido	53.03	6.45	32.69	1.38
Bacteriano	residuo fresco	78.60	19.15	44.95	9.96
	residuo ensilado	73.50	13.83	42.12	6.76
	licor	na	na	10.97	4.66
	residuo sólido	54.55	11.74	31.15	2.10

32% para químico y bacteriano, respectivamente, con respecto a los desechos frescos, debido a reacciones de oxidación, pese al uso de antioxidantes. Con el ensilado químico se alcanzó la mayor eficiencia en el rendimiento de xantofilas totales (0,81523 mg/g desechos) con respecto al bacteriano (0,65067 mg/g desechos) mostrando diferencia significativa entre ambos procesos; igualmente, se obtuvieron máximas concentraciones de astaxantina en el ensilado químico (7,378 E-03 mg/mL licor), mientras que en el bacteriano fue de 5,383 E-03 mg/mL licor), con incremento en la concentración del pigmento del 69 y 40% respectivamente, con relación al contenido inicial en los residuos frescos. Se concluyó que durante el ensilado, ya sea químico o bacteriano, se promueve una hidrólisis parcial del complejo caroteno-proteína favoreciendo la liberación de los pigmentos carotenoides (astaxantina) incrementando la eficiencia en la extracción de los mismos.

CONCLUSIONES

Durante el ensilado ácido las sales de calcio son solubilizadas aumentando la disponibilidad de la astaxantina y mejorando el

rendimiento en la extracción del pigmento. Se observó mayor eficiencia en el ensilado químico, aunque se puede tener la desventaja de no ser inocuo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aranson S. 1994. Production of fish silage. En R. Armenta, S. Huerta and I. Guerrero. 2002. Fisheries Processing: Biotechnological. Astaxanthin extraction from shrimp waste by lactic fermentation and enzymatic hydrolysis of the carotenoprotein complex. J. Food Sci. 67(3): 1002–1006.
- Rouvinen-Watt, K. 2001. Feeding fish silage to fur bearers. Department of Agriculture and Fisheries. Nova Scotia Agricultural College. Nova Scotia. Canadá.
- Sachindra, N.M. and N.S. Mahedrakar. 2005. Process optimization for extraction of carotenoids from shrimp waste with vegetable oils. Bioresource Technology. 96: 1195–1200.
- Sachindra N.M., N. Bhaskar and N.S. Mahendrakar. 2006. Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents. Waste Management. 26: 1092–1098.
- SAS. Statistical Analysis System Institute. 2002. Manual del

Caracterización Parcial de Extracto Proteolítico de Pepino de Mar y Generación de Hidrolizados de Ovoalbúmina.

Partial Characterization of a Proteolytic Extract Obtained from sea Cucumber, and Generation of Ovalbumin Hydrolysates.

A. Hernández-Sámamo¹; E. Molina-Hernández², D. Lozano Ojalvo, R. García-Barrientos³, X. Guzmán-García, I. Guerrero-Legarreta¹.

1 Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Del. Iztapalapa, C.P. 09340, México D.F., México. arizai5@hotmail.com; isabel_guerrero_legarreta@yahoo.com;

2 Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL), CSIC-UAM, Madrid, España. e.molina@ifi.csic.es

3 Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tlaxcala, México. raquelgaba@hotmail.com

Resumen. El objetivo de este trabajo fue caracterizar parcialmente el extracto proteolítico del intestino de pepino de mar *Isostichopus fuscus* y generar hidrolizados a partir de ovoalbúmina. Los estudios de zimografía confirmaron la presencia de proteasas en el extracto de pepino de mar, identificándose proteínas de 109, 42, y 39 kDa. La actividad proteolítica máxima se observó a pH 6 y 8; a 40 y 70°C. Se obtuvieron hidrolizados de ovoalbúmina a 60 y 7°C y se analizaron por RP-HPLC y SDS-PAGE. El uso de proteasas marinas con alta actividad a baja temperatura puede presentar posibles ventajas para la industria de alimentos.

Palabras clave: *Isostichopus fuscus*, equinodermo, proteasa, holotúrido, péptido, hipoalergénico.

Abstract. The objective of this work was partially characterizing

a proteolytic extract obtained from sea cucumber *Isostichopus fuscus* digestive system, and generating ovalbumin hydrolysates. Zymograms confirm the presence of proteases (109, 42, y 39 kDa). The highest activity was observed at pH 6 and 8; at 40 and 70 °C. Ovalbumin hydrolysates were obtained at 60 and 7 °C, and analyzed by RP-HPLC and SDS-PAGE. Application of marine proteases with high activity at low temperatures could be an advantage for food application.

Key words: *Isostichopus fuscus*, echinoderm, protease holotúrido, peptide, hypoallergenic.

INTRODUCCIÓN

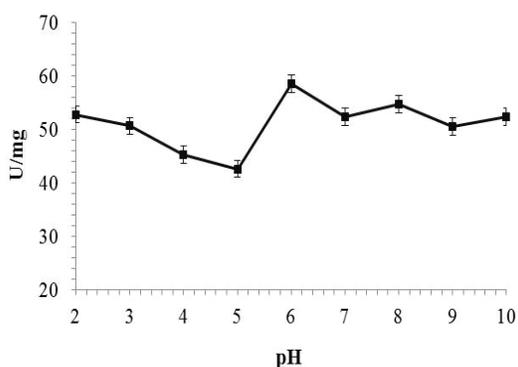
Se han purificado y caracterizado proteasas marinas por sus propiedades únicas (Haard y Col., 2000). Un organismo de

interés mundial es el pepino de mar (*Phylum echinodermata*, clase *Holothuroidea*). Los holotúridos tienen gran demanda en el mercado asiático por su alto valor nutricional y contener compuestos bioactivos, además de que poseen alta capacidad autolítica ocasionando importantes pérdidas económicas. Así mismo, existe interés en la obtención de hidrolizados de proteínas de huevo, debido a que gran parte de la población pediátrica no puede consumirlas ya que padece alergia a dichas proteínas (Heine *et al.*, 2006). La ovoalbúmina (OVA) es una fosfoglicoproteína mayoritaria en la clara de huevo (54,0 %), considerada uno de los principales alérgenos (Mine y Yang, 2008). El objetivo de este trabajo fue caracterizar parcialmente el extracto proteolítico de intestino de *I. fuscus* y generar hidrolizados de OVA con posibles propiedades hipalergénicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caseína, hemoglobina y ovoalbúmina marca Sigma, marcadores de peso molecular marca Bio-Rad. Especímenes de *I. fuscus* adultos extraídos del Golfo de California, México, de acuerdo con la legislación mexicana sobre fauna silvestre.

Extracto proteolítico y caracterización parcial. El intestino se homogeneizó con amortiguador de fosfatos 20 mM (pH 7) y se centrifugó a 10 000 xg por 30 min. El sobrenadante se almacenó para la caracterización. La concentración de proteína se determinó por el método de Lowry (1951). La actividad proteolítica se determinó por los métodos de Anson (1938) y Kunitz (1946). La reacción se realizó por 15 min y se detuvo con ácido tricloroacético al 25,0%. Los resultados fueron expresados como actividad específica (U/mg_{proteína}), donde una unidad de actividad proteolítica (U) se definió como la cantidad de enzima que produce un cambio de 0,001 en la absorbancia (280 nm) por min. La actividad específica se determinó a pH 2-10 y 0-80 °C. El extracto se sometió a electroforesis por el método de Laemmli (1970) y zimografía en caseína al 2,0% (García-Carreño y Haard, 1993).



Hidrolizados de ovoalbúmina y análisis. Se preparó una solución de OVA 2,5 mg/mL en amortiguador de fosfatos 20 mM (pH 7). Se agregó el extracto proteolítico, 1:2 (v/v), y se ajustó a pH 6. Se colocó a 60°C, 24 h, y a 7°C, 24 y 48 h. Se inactivó la reacción a 95°C por 20 min. Se analizaron por SDS-PAGE en geles Criterion Precast (Bis-Tris-12%) marca Bio-Rad. Se sometieron a RP-HPLC (Waters 600), en una columna para separación de péptidos Widepore C18 Bio-Rad, 4,6 x 250 mm. Los cromatogramas se analizaron con un software Empower 2000.

Análisis estadístico. Los resultados se sujetaron a análisis de varianza con nivel de significancia de 0,05 y comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$) con SPSS (versión 15, Windows).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El extracto de intestino presentó actividad proteolítica significativa a pH 6 y 8; a 40 y 70°C (Figura 1), coincidiendo con Wu *et al.*, (2013a, 2013b) quienes reportaron óptimos de pH 6,1 y pH 8,0; a 40-46°C, para cisteína y metalo proteasas del pepino de mar *Stichopus japonicus*, respectivamente. Se obtuvo alta actividad proteolítica a baja temperatura (0-10 °C), lo cual confiere numerosas ventajas. Se ha demostrado que organismos poiquiloterms presentan este tipo de proteasas como una adaptación al medio (Haard y Simpson, 2000). Se identificaron proteínas de 109, 42 y 39 kDa, algunas de las cuales presentaron actividad caseinolítica (Figura 2). Wu *et al.*, (2013b), reportaron cisteína y metalo proteasas de 35 y 45 kDa en *S. japonicus*, respectivamente. Existen varios reportes sobre la obtención de hidrolizados de OVA por hidrólisis enzimática (Graszkiewicz *et al.*, 2010). Se observó mayor grado de hidrólisis de OVA a 60°C, 24 h, seguido por hidrólisis a 7°C, 48 h (Figura 3), lo cual sugiere la posibilidad de utilizar el extracto a baja temperatura.

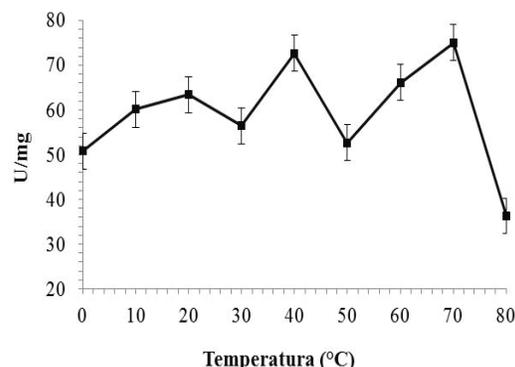


Figura 1. Actividad específica de extracto de intestino de *I. fuscus* a diferente pH y temperatura.

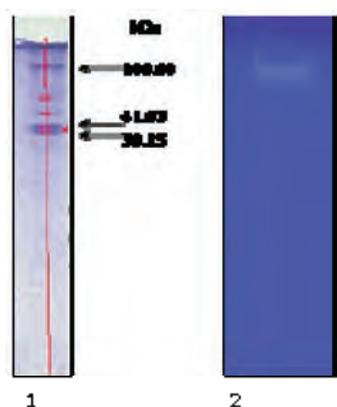


Figura 2. Análisis electroforético de extracto de intestino de *I. fuscus*. (1) SDS-PAGE; (2) Zimografía

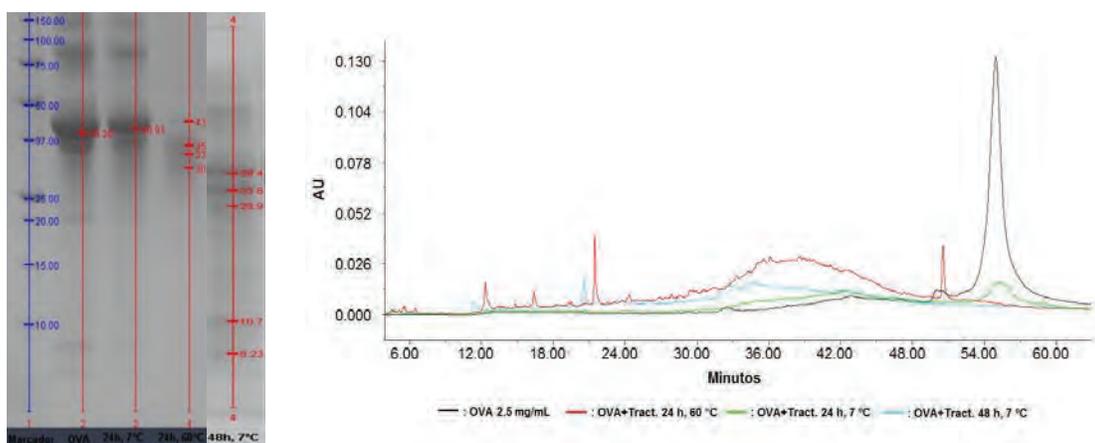


Figura 3. Análisis de hidrolizados de ovoalbúmina por SDS-PAGE y RP-HPLC

CONCLUSIONES

El comportamiento de las proteasas de *I. fuscus* fue análogo al reportado en la literatura para *S. japonicus*. La actividad a baja temperatura ofrece posibles ventajas en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Los pepinos de mar autolizados o de baja calidad pueden ser aprovechados para obtener extractos proteolíticos y emplearlos para producir proteínas hipoalergénicas y/o péptidos bioactivos.

BIBLIOGRAFÍA

Anson, M.L. 1938. The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. *Journal of General Physiology* 22(1): 79-89.

García-Carreño, F.L. and N.F. Haard. 1993. Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. *Journal Food Biochemistry* 17: 97-113.

Graszkiewicz, A., M. elazko and T. Trziszka. 2010. Application of pancreatic enzymes in hydrolysis of egg-white proteins. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 60(1): 57-61.

Haard, N. and B. Simpson. 2000. *Seafood Enzymes: Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality*. New York: Marcel Dekker Inc. 191-213.

Heine, R.G., N. Laske and D. Hill. 2006. The diagnosis and management of egg allergy. *Current Allergy and Asthma Reports* 6: 145-152.

Kunitz, M. 1946. Crystalline soybean trypsin inhibitor II. *Journal of General Physiology* 30(4): 291-310.

Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structure proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.

Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal Biological Chemistry* 193: 265-275.

Mine, Y. and M. Yang. 2008. Recent advances in the understanding of egg allergens: Basic, industrial, and clinical perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 4874-4900.

Wu, H.L., Y.Q. Hu, J.D. Shen, Q.F. Cai, G.M. Liu, W.J. Su and M.J. Cao. 2013. Identification of a novel gelatinolytic metalloproteinase (GMP) in the body wall of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) and its involvement in collagen degradation. *Process Biochemistry* 48: 871-877.

Wu, H.T., D.M. Li, B.W. Zhu, J.J. Sun, J. Zheng, F.L. Wang, K. Konno and X. Jiang. 2013. Proteolysis of non collagenous proteins in sea cucumber, *Stichopus japonicus*, body wall: Characterization and the effects of cysteine protease inhibitors. *Food Chemistry* 141(2): 1287-1294.

Aprovechamiento de Miel Cristalizada en la Producción de Hidromiel

Use of Crystallized Honey Upon Mead Production

Cristian Hernández¹; Amaury Blanco²; Martha Cuenca³; Juan Carlos Serrato³

1 Ingeniero Biotecnológico, Estudiante Maestría Ingeniería Química, Facultad Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. cyhernandezg@unal.edu.co

2 Ingeniero Químico, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ajblancop@unal.edu.co

3 Ingeniera Química. PhD(C) Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. mmcuencaq@unal.edu.co

Resumen. El propósito del estudio fue evaluar la influencia del pH inicial y la adición de polen como fuente de nitrógeno, sobre indicadores de avance del proceso y de calidad del producto. El mosto fue preparado con miel de abejas y agua (24 °Brix) y adecuado para contar con cuatro tratamientos: mosto sin adecuar (ASP), mosto con ajuste de pH (ASPpH) mosto con polen (ACP), mosto con polen y ajuste de pH (ACPpH). En todos los casos fueron higienizados, inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* e incubados a 25°C por 21 días. Durante la fermentación se efectuó seguimiento de °Brix, pH y Acidez titulable. Se midió el contenido de azúcares, etanol y glicerol al final del proceso. Se pudo establecer en este estudio, que la mejor practica para la obtención de hidromiel es no ajustar el pH y adicionar polen como fuente de nitrógeno.

Palabras Clave: *Apis mellifera*, fermentación, levadura, polen, fuente de nitrógeno, apicultura.

Abstract. The aim of this study was to assess the influence of the starting pH and pollen supplementation as a nitrogen source, upon some process and quality indicators. The worts were elaborated from honey bee and water (24 °Brix) and adjusted to generate four essays: wort without adjustment (ASP), wort just with pH adjustment (ASPpH), wort just with pollen supplementation (ACP) and wort with pollen and pH adjustment (ACPpH). Every treatment was sanitized, inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and incubated at 25°C for 21 days. During the fermentation °Brix, pH and titratable acidity were measured. At the end, volatile acidity, ethanol, glycerol and reducing sugars were determined. It could be concluded that the conditions for making mead are: no pH adjustment and pollen supplementation.

Key words: *Apis mellifera*, fermentation, yeast, pollen, nitrogen source, beekeeping.

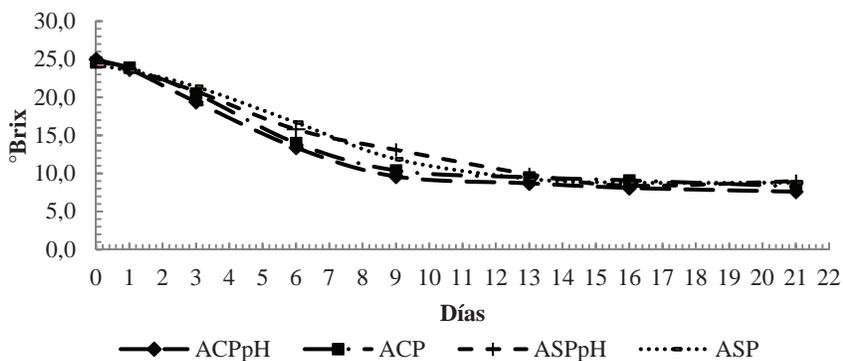
INTRODUCCIÓN

El hidromiel es una bebida alcohólica obtenida partir de miel de abejas (Gomes *et al.*, 2013); también es conocido como vino de miel y es originario de África. El porcentaje

de alcohol de esta bebida puede variar entre 8 y 18 % v/v (Mendes-Ferreira *et al.*, 2010). El proceso de fermentación toma varios meses en completarse y su eficiencia depende de varios factores entre los que se encuentra la fuente de nitrógeno y el pH inicial del mosto. Como parámetro de control es importante la acidez volátil (expresada en g/L de ácido acético); los valores normales en las regulaciones varían entre 0,4 a 0,5 g/L (Gomes *et al.*, 2013); valores superiores indican contaminación bacteriana. La producción de glicerol es otro parámetro clave, ya que le imparte al vino una mayor sensación de cuerpo y llenado en boca (Gomes *et al.*, 2013), la concentración promedio de glicerol en vinos puede variar entre 1,4 y 10 g/L. El contenido final de azúcares es otro parámetro crítico de control; un bajo contenido (1,2 a 1,8 g) al final del proceso, reduce la probabilidad de ocurrencia de nuevas fermentaciones y previene la contaminación del producto final (Gomes *et al.*, 2013). Al contrario de lo que sucede en otros países, en Colombia no es apreciada por los consumidores la miel cristalizada, suceso que se torna en una oportunidad para utilizarla como materia prima en la producción de hidromiel. El propósito del estudio fue evaluar el aprovechamiento de mieles cristalizadas en la producción de hidromiel; se estudió la influencia del pH inicial y la adición de polen como fuente de nitrógeno, sobre indicadores de avance del proceso y de calidad del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó miel cristalizada y polen de *Apis mellifera* proveniente de Boyacá-Colombia. Los mostos se elaboraron diluyendo miel de abejas con agua potable, fijando los sólidos a 24 grados Brix. Después el medio fue filtrado, su pH ajustado a 4,5 y suplementado con 4 g/L de polen (140 mg nitrógeno/L), para los tratamientos que lo requerían. Posteriormente se pasteurizaron a 65 °C por 10 minutos se temperaron e inocularon con *Saccharomyces cerevisiae* previamente activada. Los mostos se incubaron a 25°C durante 21 días. Se realizó seguimiento del pH (AOAC 960.19) y Acidez titulable (AOAC 945.08).



Gráfica 1. Disminución de °Brix, durante el transcurso de la fermentación.

Tabla 1. Valores de los parámetros de calidad del hidromiel al final de la fermentación.

Tratamientos	Glucosa (g/l)	Fructosa (g/l)	Etanol (% v/v)	Acidez Volátil (g Acido. Acético/L)	Glicerol (g/L)	Consumo Azúcares (Disminución °Brix/día)
ACPpH	0	0,81 ± 0,22a	8,03 ± 0,36a	0,36 ± 0,02c	9,22 ± 0,29a	0,91 ± 0,14a
ASP	0	0,77 ± 0,11a	8,97 ± 1,36a	0,27 ± 0,08abc	8 ± 1,11a	0,77 ± 0,07a
ACP	0	0,77 ± 0,01a	9,42 ± 0,32a	0,33 ± 0,01abc	8,22 ± 0,16a	0,86 ± 0,14a
ASPpH	0	0,76 ± 1,2a	10,1 ± 0,27a	0,26 ± 0,01b	7,53 ± 0,45a	0,78 ± 0,03a

Los valores de las respuestas, que se muestran en una misma columna con diferentes letras, varían significativamente una de otra (p -value < 0,05). ACP(ajuste pH y suplemento Polen), ASP(sin ajuste pH y sin suplemento polen), ACP(sin ajuste pH, suplemento polen) ASPpH(con ajuste pH sin suplemento polen).

Los °Brix, se monitorearon con un refractómetro SinoTech Ref RSG-100/ATC. Para la determinación de los parámetros al final de la fermentación (etanol, azúcares y glicerol) se utilizó el procedimiento descrito por Tanimura *et al.*, (2012), también se determinó la acidez volátil (AOAC 964.08). Los datos obtenidos (por duplicado) fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA a un nivel de significancia de 0,05, utilizando Excel y Matlab. Se empleó un diseño de experimento factorial completo 2².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la fermentación se encuentra que los °Brix (Gráfica 1) y el pH disminuyen de forma marcada en las primeras etapas de la fermentación y después se estabilizan en las etapas finales, indicando la finalización de proceso fermentativo. Por el contrario el valor de la acidez titulable aumenta (Sroka P. and T. Tuszyński. 2007) muestra una caída en el valor del pH en los mostos, aspecto benéfico ya que previene el desarrollo de microorganismos foráneos. En la Tabla 1, se puede apreciar que el contenido final de los azúcares reductores, es en promedio, para todos los tratamientos de 0,78 g/L, indicándonos el consumo total de estos por parte de la levadura, y la disminución del riesgo de re-fermentación. También se puede observar, que aunque se encuentran diferencias significativas en dos tratamientos para la acidez volátil, los valores de estos

se encuentran dentro de los límites normales de producción (Gomes *et al.*, 2013).

Lo mismo se puede apreciar para el caso de la producción de etanol y glicerol, al final de la fermentación, ya que se encuentran dentro de los rangos aceptables para bebidas alcohólicas tipo hidromiel, de acuerdo a (Gomes *et al.*, 2013), (Mendes-Ferreira *et al.*, 2010). También se pudo determinar que el polen influencia significativamente la velocidad de consumo de azúcares (Ajuste para disminución de °Brix/día; $y = 0,83 + 0,053x + 0,013z + 0,011w$; Número de Lenth = 0,049; coeficiente del factor del polen = 0,053 > número de Lenth). Otros autores (Roldán, A., *et al.*, 2011) han establecido que la suplementación de nitrógeno (polen) aumenta la velocidad de fermentación, estimulando el crecimiento de la levadura. El ajuste de pH a 4,5 no tiene influencia sobre ningún parámetro de calidad evaluado (para el caso de la disminución de °Brix/día, coeficiente pH = 0,013 < 0,049).

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que es posible obtener un producto que cumpla los parámetros de calidad establecidos para bebidas de hidromiel, utilizando miel cristalizada, con polen como fuente de nitrógeno y sin necesidad de efectuar ajuste previo del pH en el mosto.

BIBLIOGRAFÍA

- Gomes T., C. Barradas, T. Dias, J. Verdial, J. Sá, E. Ramalhosa and L. M. Estevinho. 2013. Optimization of mead production using Response Surface Methodology. *Food chem. toxicol.* 59:680–686.
- Mendes-Ferreira A., F. Cosme, C. Barbosa, V. Falco, A. Inês and A. Mendes-Faia. 2010. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *Int. J. Food Microbiol.* 144(1) :193–198.
- Tanimura A., T. Nakamura, I. Watanabe, J. Ogawa and J. Shima. 2012. Isolation of a novel strain of *Candida shehatae* for ethanol

- production at elevated temperature. *Springerplus* 1(1):27.
- Sroka P. and T. Tuszynski. 2007. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. *Food Chem.* 104(3) :1250–1257.
- Roldán, A., G. C. J. van Muiswinkel, C. Lasanta, V. Palacios and I. Caro. 2011. Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. *Food Chem* 126(2): 574–582.
- AOAC, 2000. Official method of analysis AOAC, Maryland, USA.

Ligninasas de *Coriolus Versicolor* por Fermentación en Estado Sólido para Alimentación de Rumiantes

Ligninases from Coriolus Versicolor by Solid State Fermentation in Ruminant Feeding

Sandra Montoya¹; Óscar Julián Sánchez¹

¹ Universidad de Caldas, Planta de Bioprocesos, Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria, Calle 65 No. 26-10, 170004, Manizales, Colombia. E-mails: sandra.montoya@ucaldas.edu.co, osanchez@ucaldas.edu.co

Resumen. *Coriolus versicolor* es un hongo de pudrición blanca degradador de materiales lignocelulósicos como residuos agrícolas y agroindustriales. La celulosa y la hemicelulosa presentes en estos materiales representan un alto valor alimenticio para los rumiantes, pero su biodisponibilidad requiere que la lignina sea degradada. Emplear hongos de pudrición blanca en procesos de fermentación en estado sólido produce una transformación sobre estos materiales a través de sus ligninasas, generando una mayor digestibilidad y una alta calidad en el alimento. En el presente trabajo se realizó un estudio cinético de la obtención de dos ligninasas (lacasa y manganeso peroxidasa) por fermentación en estado sólido empleando *C. versicolor* en 15 tiempos durante 49 días. Se propuso un modelo matemático para describir la cinética de este proceso.

Palabras clave: *Coriolus versicolor*, ligninasas, modelo matemático, materiales lignocelulósicos.

Abstract. *Coriolus versicolor* is a white rot fungus degrading lignocellulosic materials as agricultural and agro-industrial residues. The cellulose and hemicellulose present in these materials are a highly nutritious food for ruminants, but its bioavailability requires the lignin is degraded. White rot fungi used in fermentation processes for producing a solid-state transformation of these materials through their ligninases, generating higher digestibility and high quality in the food. In this work, a kinetic study of the development of two ligninases (laccase and manganese peroxidase) was performed by solid-state fermentation using *C. versicolor* in 15 days for 49

days. A mathematical model was proposed to describe the kinetics of this process.

Key words: *Coriolus versicolor*, ligninases, mathematical model, lignocellulosic materials.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los residuos agroindustriales tienen un alto potencial en la formulación de dietas para animales de cría. Sin embargo, muchos de estos residuos son lignocelulósicos y se deben someter a tratamientos biológicos con hongos de pudrición blanca a fin de degradar la lignina y conseguir mayor disponibilidad energética. Degradar materiales lignocelulósicos con *C. versicolor* presenta ventajas como la degradación de la lignina y el incremento en la cantidad de proteína y en la digestibilidad de estos materiales cuando son destinados para alimentación de rumiantes (Koutinas *et al.*, 2004; Graminha *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo fue proponer un modelo matemático para describir el comportamiento cinético de las actividades enzimáticas de lacasa (Lc) y manganeso peroxidasa (MnP), la producción de biomasa, la degradación de lignina y la producción y consumo de azúcares reductores durante la fermentación en estado sólido con *C. versicolor*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismo. *Coriolus versicolor* de Pennsylvania State University, EUA (PSUWC430), extendido en agar papa

dextrosa, mantenido en refrigeración a 4°C y transferido periódicamente.

Actividades enzimáticas. Lc por el método de ABTS (Paszczynski y Crawford, 1991) y MnP por el método de Paszczynski *et al.*, . (1988).

Determinación de biomasa, N-acetil-D-glucosamina y lignina. El sustrato sólido incubado a diferentes tiempos fue secado en estufa a 101°C hasta peso constante; la N-acetil-D-glucosamina (NAGA) se determinó por el método de Plassard *et al.* (1982), y la lignina por el método de Leterme (2010). El contenido de biomasa fúngica en los sustratos sólidos se correlacionó con el contenido de NAGA en los medios sólidos en cada tiempo de fermentación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento de la digestibilidad mediada por la acción enzimática del hongo y el incremento del contenido de proteína con la colonización fúngica al cabo de 49 días de fermentación contribuyen a mejorar las características de estos residuos lignocelulósicos para satisfacer las necesidades de alimentación bovina. Según Weinberg (2000) el uso de sustratos agotados de la producción de hongos macromicetos, como *C. versicolor* y otros o el empleo de ellos para deslignificar los materiales lignocelulósicos son una alternativa para la producción de alimento para rumiantes, debido a que durante la fermentación en fase sólida los materiales lignocelulósicos exhiben una bioconversión favorable en términos de disminución de lignina y producción de azúcares reductores que luego son utilizados por el animal en su digestión (Dias *et al.*, 2010) Las expresiones matemáticas propuestas (Tabla 1 y Figura 1) representaron aceptablemente cada una de las variables medidas, lo que indica que los valores de los parámetros cinéticos calculados por regresión no lineal mediante el software Matlab fueron adecuados para la descripción del fenómeno estudiado.

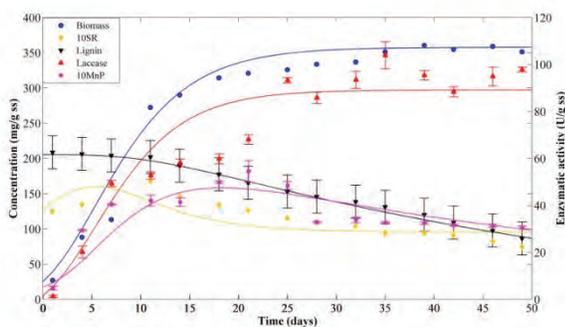


Figura 1. Datos experimentales de enzimas ligninolíticas, lignina, azúcares reductores, biomasa Vs. modelo

Tabla 1. Ecuaciones propuestas para la descripción de los datos experimentales

Ecuación	Descripción
$\frac{dC_b}{dt} = \mu_m C_b \left(1 - \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right)$	Biomasa
$\frac{dC_{az}}{dt} = q_p \mu_m \frac{dC_b}{dt} \left[1 - (n+1) \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right]$	Azúcares reductores
$\frac{dC_L}{dt} = -k_L C_{Lac} C_{MnOP}$	Lignina
$\frac{dC_{Lac}}{dt} = k_{Lac} \frac{dC_b}{dt} C_L - \mu_{Lac} C_L$	Lacasa
$\frac{dC_{MnOP}}{dt} = k_{MnOP} \frac{dC_b}{dt} C_L - \mu_{MnOP} C_L$	Manganeso peroxidasa (MnP)

CONCLUSIÓN

Las ecuaciones del modelo matemático describen adecuadamente los datos experimentales obtenidos en este trabajo y se convierten en un potencial para el escalamiento de estos procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- Dias A.A., G.S. Freitas, G.M.S. Marques, A. Sampaio, I.S. Fraga, M.A.M. Rodrigues, D.V. Evtuguin, R.M.F. Bezerra. 2010. Enzymatic saccharification of biologically pre-treated wheat straw with white-rot fungi. *Bioresource Technology* 101 (15): 6045–6050.
- Graminha EBN., A. Galves, R.D. Pirola, R. Da Silva and E. Gomes. 2008. Enzyme production by solid-state fermentation: Application to animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 144: 1-22.
- Leterme, P., 2010. Análisis de alimentos y forrajes (Food and forage analysis, in Spanish), in: Universidad Nacional de Colombia (Ed.), *Protocolos de Laboratorio (Laboratory Protocols, in Spanish)*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Koutinas AA, R. Wang, C. Webb. 2004. *Restructuring Upstream Bioprocessing: Technological and Economical Aspects for Production of a Generic Microbial Feedstock From Wheat*. Published online in Wiley InterScience: 1-15.
- Paszczynski, A., R.L. Crawford, V. Huyn. 1988. Manganese peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium* purification. *Methods enzymology* 161: 264-270
- Paszczynski, A., R.L. Crawford. 1991. Degradation of azo compounds by ligninases from *Phanerochaete chrysosporium* Involvement of veratryl alcohol. *Biochemistry Biophysics resources communications* 178: 1056-1063
- Plassard, C., D. Mousain, L. Salsac. 1982. Estimation of mycelial growth of *basidiomycetes* by means of chitin determination. *Phytochemistry* 21: 345-348
- Weinberg, Z.G., 2000. Biotechnology in developing countries: opportunities in solid state fermentation applied in the agricultural industry. *International Journal of Biotechnology* 2(4): 364-373

Influencia de Pretratamientos en la Bioconversión Enzimática de Fibras de Pencas de Agave

Influence of Pretreatments on Enzymatic Bioconversion of Agave Leaves Fiber

Jaquelina Sánchez-Ramírez¹; Anna Iliná¹; Elda Patricia Segura-Ceniceros¹; Cristóbal N. Aguilar¹; Miguel A. Medina Morales²; José L. Martínez-Hernández¹

1 Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas. Blvd. Venustiano Carranza s/n Col. República oriente, CP 25280, Saltillo, Coahuila, México. jose-martinez@uadec.edu.mx, jaquelina_sanchez@uadec.edu.mx.

2 Gestor de proyectos, BioIngenio lifetech, S.A de C.V. Reynosa 324, Col. Republica oriente, CP 25280, Saltillo, Coahuila, México.

Resumen. Las pencas u hojas de agave (*Agave atrovirens*) en la actualidad son un desecho generado durante la producción de la bebida alcohólica mexicana conocida como “mezcal”. Fueron evaluados diversos pretratamientos para favorecer la obtención de glucosa mediante la hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica de agave. Los pretratamientos consistieron en diversos acondicionamientos de molienda, pelado y almacenamiento, previo a la hidrólisis hidrotérmica. La hidrólisis enzimática se realizó con un preparado celulolítico comercial Celluclast 1,5L y el contenido de azúcares reductores y glucosa fueron evaluados. La mayor concentración de glucosa (230,9 mg de glucosa/ g de materia vegetal) se obtuvo mediante el pelado y molienda seca de las pencas. Las fibras de hojas de agave son una fuente potencial para la obtención de glucosa aplicada en la industria de alimentos y obtención de bioetanol.

Palabras clave: *Agave atrovirens*, tratamiento hidrotérmico, hidrólisis enzimática.

Abstract. Nowadays, leaves of agave (*Agave atrovirens*) are a waste generated during the production of Mexican alcoholic beverage known as “mezcal”. Various pretreatments to promote the production of glucose by enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass were evaluated. The pretreatments consisted of various conditionings of milling, peeling and storage, prior to the hydrothermal hydrolysis. The enzymatic hydrolysis was performed with a commercial cellulolytic preparation Celluclast 1.5L and the content of reducing sugars and glucose were evaluated. The highest concentration of glucose (230.9 mg glucose / g of plant material) was obtained by peeling and dry milling the leaves. The fibers of agave leaves are a potential source for the production of glucose applied in food industry and production of bioethanol.

Keywords: *Agave atrovirens*, hydrothermal treatment, enzymatic hydrolysis.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los problemas actuales de la industria agroalimentaria, se encuentra la generación de subproductos, constituidos principalmente por biomasa lignocelulósica. La producción de

bioetanol celulósico (de 2a generación) es una opción viable del aprovechamiento de estos residuos de fácil acceso y bajo costo. Estudios recientes sugieren el potencial del agave como cultivo bioenergético, ya que presenta ventajas frente a otros cultivos: crece bien en zonas áridas, se adapta a condiciones ambientales severas, además de su eficiente uso del agua. El 75% de las especies de agave se encuentra en México y su uso se limita principalmente a la producción de bebidas alcohólicas (tequila y mezcal) donde se generan miles de toneladas de residuos, principalmente las pencas (Hernández *et al.*, ., 2009). Medina *et al.*, ., 2011 mostraron la presencia de un alto contenido de celulosa en las hojas de *A. atrovirens* (67%), sin embargo, debido a su compleja estructura es necesario aplicar un pretratamiento que reduzca la cristalinidad de celulosa, con el fin de tener mayor conversión enzimática (Sun & Cheng., 2002). El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación enfocado a valorar alternativas tecnológicas para el pretratamiento e hidrólisis enzimática de fibras de *Agave atrovirens*. El objetivo del presente estudio fue evaluar acondicionamientos previos al pretratamiento hidrotérmico para favorecer la obtención de glucosa mediante la hidrólisis enzimática de fibras de hojas de agave.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y pretratamientos. Pencas de *A. atrovirens* fueron recolectadas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México (25°22' N, 101°02' O). 5 kg de hojas de agave se dividieron en 2 lotes: pelado y sin pelar. Se evaluó si el procesar las pencas después de ser congeladas (almacenamiento previo) tenía un efecto en disminuir el grado de polimerización de los polisacáridos y favorecería la hidrólisis enzimática. El material fue triturado mediante molienda seca (molino, con hojas deshidratadas) y molienda húmeda (licuadora). En la tabla 1 se presenta el resumen de los acondicionamientos aplicados previos al tratamiento hidrotérmico. Las muestras fueron sometidas al tratamiento hidrotérmico de acuerdo a metodología reportada

por Medina *et al.*, ., (2011). Posteriormente se lavaron y filtraron al vacío. En la fracción soluble, se evaluó el contenido de azúcares reductores (A.R.) por el método de Somogyi-Nelson (Nelson, N., 1944). La fracción insoluble (fibra) fue secada, molida y tamizada (425 μ m).

Tabla 1. Acondicionamiento del material vegetal.

Acondicionamiento	Procedimientos aplicados		
A	Pelado	Molienda seca	
B		Molienda húmeda	Congelación previa
C			Directo
D		Sin molienda	Congelación previa
E			Directo
F	Sin pelar	Molienda seca	
G		Molienda húmeda	Congelación previa
H			Directo
I		Sin molienda	Congelación previa
J			Directo

Hidrólisis enzimática. Se realizó a pH 5, 50°C, utilizando celulasas de *Trichoderma reesei* (Celluclast 1,5L) (105,62 FPU/mL) con una carga enzimática de 15 FPU/g durante 24h. El contenido de glucosa liberada fue cuantificado con un kit comercial (RANDOX). Todos los resultados obtenidos, fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía, acompañada de una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%, para obtener las diferencias entre pretratamientos. El software usado fue el StatSoft Statistica 7.0.

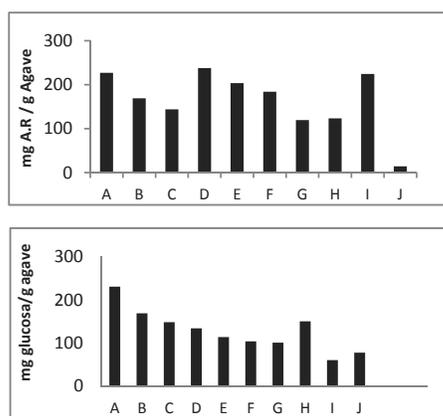


Figura 1. Evaluación de pretratamientos (A-J) en fibras de *A. atrovirens*: Izquierda.- azúcares reductores liberados del tratamiento hidrotérmico. Derecha.- Liberación de glucosa en la hidrólisis enzimática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pretratamiento hidrotérmico. Según, Mosier *et al.*, . (2005), el tratamiento hidrotérmico induce una depolimeración de hemicelulosas a oligómeros y monómeros. En la Figura 1 se muestra la presencia de A.R. para cada uno de los tratamientos, la mayoría liberó entre 120 y 123 mg de A.R por g de penca de agave, con excepción de J, que tuvo los niveles mas bajos.

Hidrólisis enzimática. Los diferentes pretratamientos de fibras de *A. atrovirens* tuvieron un efecto en los niveles de glucosa liberada en la hidrólisis enzimática, lo cual se presenta en la Figura 1. Una mayor conversión a glucosa fue detectada en el caso A (molienda seca, hojas peladas): 230,9 mg de glucosa por g de pencas. Por su parte, en los demás tratamientos evaluados se aprecia que el pelado de las pencas mejora la accesibilidad a la celulosa y podría asumirse que no existe diferencia al procesar el material directamente o con un almacenamiento previo en congelación, sin embargo todos ellos no presentaron diferencia estadísticamente significativa. El pretratamiento además aumentar la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática, debe ser sencillo y rentable. Considerando que el pelado de pencas es difícil de escalar y con mas operaciones unitarias, se destaca en este trabajo que las fibras obtenidas por molienda húmeda de agave sin pelar (H) permiten obtener niveles considerables de glucosa, similares a lo reportado por Medina *et al.*, ., (2011) a las 24h de hidrólisis con material pelado.

CONCLUSIONES

Se concluye que las pencas de *A. atrovirens* son una fuente potencial para la bioconversión de celulosa en azúcares fermentables para su aplicación en diversos procesos biotecnológicos. El aprovechamiento integral de estos residuos agroalimentarios permitirá el desarrollo de procesos más económicos y reducirá la contaminación causada por los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, J.M., M.S. Villa, J.S. Veloz, K.N. Rivera, M.A. González, S.R. Plascencia and S.R. Trejo. 2009. Comparative hydrolysis and fermentation of sugarcane and agave bagasse. *Bioresource Technology* (100), 1238-1245.
- Medina, M.A., J.C. Contreras, H. De la Garza, R. Rodríguez and N. Aguilar. 2011. Enzymatic Bioconversion of Agave Leaves FiberHydrolysis Using Plackett-Burman Design. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* (6), 480-485.
- Mosier, N., R. Hendrickson, N. Ho, M. Sedlak and M.R. Ladisch. 2005. Optimization of pH controlled liquid hot water pretreatment of corn stover. *Bioresource Technology* (96), 1986-1993.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *The journal of biological chemistry* (153), 376-380.
- Sun, Y. and J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology* (83): 1-11.

Perspectivas y Oportunidades de Materiales Lignocelulósicos.

Perspectives and Opportunities of Lignocellulosic Materials.

Sonia Patricia Ordoñez¹; Crispin Humberto García²; Jesús Eliécer Larrahondo³

1 MSc. IBILCE, UNESP. Brasil. soniz05@gmail.com

2 Prof. IBILCE, UNESP. Brasil. Crispin@ibilce.unesp.br

3 PhD. Cali, Colombia. jelarrahondo@gmail.com

Resumen. El interés y mercado de nuevos productos, derivados de la biomasa representan para los productores de caña, azúcar y alcohol un gran potencial económico. Ello ha conducido en la industria de alimentos y/o medicamentos al estudio de materiales lignocelulósicos, como el bagazo de caña de azúcar, como materia prima que requiere un análisis técnico – económico dentro de procesos integrados con la producción de bioetanol de segunda generación y del papel. En el presente trabajo se caracterizaron por GC-MS los principales compuestos presentes en hidrolizados ácidos del bagazo de caña, obtenidos a escala de laboratorio. Igualmente, se identificaron compuestos de valor agregado, tales como vanillin y aceto vanillona en fracciones de la lignina proveniente de un licor negro obtenido a partir del bagazo.

Palabras clave: Bagazo de caña de azúcar, etanol, alimentos, biomasa, valor agregado, lignina

Abstract. Products derived from different pre-treatments of bagasse from sugar cane alcohol production in the second generation, represent challenges for its use as “commodities” and / or specialized products for the development of other new or commercial products intended for food industry and / or drugs. Among the products characterized by GC-MS in recent studies, by acid and heat treatments, on laboratory scale basis with sugar cane bagasse, lignin derivatives as vanillin and other phenolic compounds as well as short chain organic acids (acetic, propionic, lactic, etc.) and fatty acids were observed and detected by this methodology, which have sales industry and markets in food chemistry and source of new materials. Beyond any consideration of integration with production processes for second generation ethanol from lignocellulosic material of sugarcane, these observations requires a techno-economic analysis to identify opportunities for products derived from agricultural biomass, such as bagasse of sugarcane, bearing in mind that 20% of the chemical market is estimated based on bio products, with the creation of 160 million dollars according to market potential and projections of USDA. Laboratory tests and other considerations will be discussed in this paper.

Keywords: Sugarcane bagasse, ethanol, food, biomass, value added, lignin.

INTRODUCCIÓN

Productos derivados de diferentes pretratamientos del bagazo de caña de azúcar, como la hidrólisis ácida, en la producción de alcohol de segunda generación, representan retos para su uso como los “commodities” y/o productos especializados en el desarrollo de nuevos productos destinados a la industria de alimentos y / o medicamentos (Almazán, *et al.*, ., 2001; Bachman, R. 2003). Fortalezas y debilidades en la producción de etanol de segunda generación residen en la naturaleza de la materia prima utilizada, así como en los pre-tratamientos previos empleados, tales como explosión de vapor e hidrólisis ácida (USDA, 2008; Larrahondo, *et al.*, ., 2010). La desventaja descansa en sus procesos productivos o de degradación de azúcares sencillos, celulosa, hemicelulosas y lignina que podrían generar sustancias como fenoles, furanos y ácidos carboxílicos, etc., los cuales son potenciales inhibidores de microorganismos y enzimas utilizados en posteriores etapas de fermentación; sin embargo algunos de estos compuestos no deseables en la producción de bioetanol a partir de residuos agrícolas, pueden ser valiosos productos químicos como por ejemplo los derivados de la lignina y la hemicelulosa (Mihai B., *et al.*, ., 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de los productos de la hidrólisis ácida del bagazo, como etapa de pre-tratamiento en la producción de bioetanol. Una muestra de bagazo de caña de azúcar (aproximadamente 1 kg) se trató con etanol-agua (relación sólido-líquido 1:10) con el fin de remover los azúcares y sales libres. El bagazo limpio y seco se hidrolizó con ácido sulfúrico (5%) (Relación 1:10 sólido-líquido) a 160°C durante 120 minutos. La fracción líquida se analizó por GC-MS, previa derivatización con BSTFA N, O-bis (trimetilsililtrifluoroacetamida) (1-10mg de la muestra con un exceso del reactivo de sililación, por lo menos con una relación 2:1).

Extracción de los principales compuestos de una fracción de lignina. La lignina extraída de una muestra de bagazo, después de un tratamiento con una solución de NaOH (pH 11,8) y H₂SO₄ (1N), se purificó mediante una extracción secuencial con hexano, cloroformo y metanol. Los compuestos

extraídos con estos disolventes se analizaron por GC-MS (Mihai B., 2011), después de sililación con BSTFA, como fue mencionado anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los productos caracterizados por GC-MS, se encontraron derivados de la lignina como la vanillina y otros compuestos fenólicos (ácidos cinámico o derivados), así como ácidos orgánicos (acético, fórmico, etc.), ácidos grasos y azúcares los cuales fueron detectados mediante GC-MS. Estos compuestos identificados, tienen un potencial mercado en la industria de alimentos y son una fuente importante para la producción de nuevos materiales (Tabla 1).

Tabla 1. Principales compuestos identificados durante la hidrólisis ácida del bagazo de caña (Condiciones: H₂SO₄ (5%), t = 120 min y t = 160 °C)

Componente	Concentración (% Relativa)
Acetate	992 mg/L (determinación por HPIC)
Formiate	31 mg/L (determinación por HPIC)
6, 7 – dihydroxy coumarin	23,09 (%)
β – xylopyranose	5,52 (%)
α – D – mannopyranose	3,21 (%)
Palmitic acid	3,92 (%)
Cinnamic acid	1,43 (%)
Cinnamic acid, methyl ester	7,18 – 10,4 (%)
Methyl vanillate	0,4 (%)
Stigmastan – 3,5 – diene	7,0 (%)

La extracción secuencial con solventes orgánicos de la fracción de lignina obtenida a partir del licor negro del bagazo de caña de azúcar, mostraron la presencia de valiosos compuestos orgánicos resultantes de los posibles productos de la degradación de la lignocelulosa, hemicelulosa o lignina (Tabla 2). Vanillina (1,4% - 4,1%), 2-metoxi-4-vinilfenol (agente de sabor) (15,1%), 1-heptacosanol (11,8%) y beta-sitosterol (15,4%) se determinaron principalmente en las fracciones de cloroformo y metanol.

Tabla 2. Caracterización de los principales compuestos orgánicos de una fracción de lignina, extraídos con diferentes solventes

Hexane Fracción (Concentración relativa %)	
Phthalic acid, dimethyl ester	3,1%
Phytol	10,3%
Metanol Fracción	
Vanillin	1,4%
Aceto vanillone	5,2%
N – hexadecanoic acid	1,4%
Cloroformo Fracción	
Vanillin	4,1%
2 – methoxy – 4 – vinylphenol	15,1%
1 – heptacosanol	5,2%
β - sitosterol	15,4%

CONCLUSIONES

Más allá de cualquier consideración de la integración con los procesos de producción de etanol de segunda generación a partir de materiales lignocelulósicos de la caña de azúcar, estas observaciones requiere un análisis técnico-económico para identificar las oportunidades para los productos derivados de la biomasa agrícola, como el bagazo de la caña de azúcar, teniendo en cuenta que el 20% del mercado químico es estima está basado en bioproductos, con la generación de 160 millones de dólares por año, de acuerdo con el potencial y proyecciones económicas del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2008).

BIBLIOGRAFÍA

- Almazán, O., L. González, and L. Gálvez. 2001. The Sugarcane its by-products and co-products. Sugarcane International, July. pp 3-8.
- Bachman, R., 2003. Industrial biotech opportunities. Conference proceedings, New York.
- Larrahondo, J. E. y E. Castillo. 2010. Perspectiva de productos basados en la biomasa como valor agregado en la cadena agroindustrial de la caña de azúcar. CENICAÑA, Carta trimestral.
- Mihai, B., G. Cazacu, and O. Chirila. 2011. Pyrolysis of Lignin-A Potential Method for Obtaining Chemicals and Fuels. Cellulose Chemistry and Technology. 45 (1-2), 43-50.
- USDA. 2008. U.S. Biobased products: Market potential and projections through 2005, pp 293.

Desarrollo de Biomasa Fúngica en Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para Uso Potencial en Alimentos.

Fungal Biomass Development in Sorghum (*Sorghum bicolor* L Moench) for Potential Use in Foods.

Londoño Liliana¹, Bolívar Germán², Ramírez Cristina³

1 Estudiante de Maestría en Ingeniería de Alimentos - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos – Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. liliana.l.hernandez@correounivalle.edu.co

2 Profesor Titular - Facultad de Ciencias - Departamento de Biología - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. german.bolivar@correounivalle.edu.co

3 Profesora Asociada - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. cristina.ramirez@correounivalle.edu.co

Resumen. El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, puesto que presenta características nutricionales comparables con otros cereales, pero la presencia de factores antinutricionales, como los taninos, limitan su uso. El proceso de fermentación sólida puede reducir estos compuestos, mejorando su calidad. Con el objetivo de seleccionar un hongo filamentoso eficiente para ser utilizado en un proceso de fermentación sólida de sorgo, se evaluó el crecimiento y la biomasa producida por 4 tipos de hongos durante 4 días. Se encontró que los hongos *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168) y *Rhizopus Oligosporus* (ATCC 22959) presentaron las mejores características de crecimiento y que en el sorgo seco se obtuvieron los mayores valores, con velocidad radial de 0,76 y 0,73 mm/h, velocidad longitudinal de 5,31 y 5,69 mm/h y producción de biomasa de 3,75 y 4,42% respectivamente.

Palabras clave: Fermentación sólida, Hongos filamentosos, Sorgo, Factores Antinutricionales.

Abstract. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is one of the most important cereals worldwide; since it has nutritional characteristics comparable to other cereals, but the presence of antinutritional factors such as tannins, limit their use. Solid fermentation process can reduce these compounds, improving their quality. Growth and biomass produced during 4 days for four types of fungi was evaluated in order to select an efficient filamentous fungus for being used in a solid-state fermentation process of sorghum. It was found that the molds *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168) and *Rhizopus oligosporus* (ATCC 22959) showed the best growth characteristics and the higher values were for dry sorghum, with radial velocity of 0.76 and 0.73 mm/h, longitudinal velocity of 5.31 and 5.69 mm/h and biomass production of 3.75 and 4.42% respectively.

Key words: Solid-state fermentation, Filamentous Fungi, Sorghum, Antinutritional Factors.

INTRODUCCIÓN

Por sus características agro-climatológicas y nutricionales, el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es un cereal de amplio uso en alimentación humana en territorios como África y Asia, mientras que en otros países es básicamente utilizado en la alimentación animal. Se compone principalmente de carbohidratos y proteínas, siendo está de baja calidad (López, 2002; Queiroz *et al.*, ., 2011), lo que puede estar asociado a compuestos fenólicos, como los taninos, los cuales forman complejos con las proteínas, impidiendo su digestión y absorción. No obstante, otros componentes como las kafirinas, también están asociados al bajo aprovechamiento de las proteínas, debido a que se vuelven menos solubles e indigeribles durante la cocción húmeda debido a la formación de enlaces disulfuro (Queiroz *et al.*, ., 2011). El proceso de fermentación sólida mediante la aplicación de hongos filamentosos dado sus capacidades de crecimiento, propiedades enzimáticas y bioquímicas (Robert Nout y Aidoo, 2010), es un método efectivo para reducción de factores antinutricionales. (Liang, *et al.*, ., 2008). Entre los microorganismos de interés particular se encuentran los pertenecientes a los géneros *Aspergillus spp* y *Rhizopus spp*, los cuales tiene la capacidad de degradar una amplia gama de sustratos orgánicos, además de ser categorizados como GRAS (Generalmente Reconocidos Como Seguros) según la FDA. Con el propósito de verificar la mejor adaptación y eficiencia de los hongos al sustrato, fueron evaluadas en este estudio, la capacidad de crecimiento y la biomasa producida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 4 microorganismos: *Aspergillus oryzae* (ATCC 20387), *Rhizopus oryzae* (MUCL 28168), *Rhizopus Oligosporus* (ATCC 22959), *Aspergillus Oryzae* (ATCC

2666), suministrados por la colección de microorganismos del Grupo MIBIA (Microbiología y Biotecnología Aplicada de la Universidad del Valle) y sorgo molido, tamiz 50. Para determinar el tipo de microorganismo y el acondicionamiento apropiado del sustrato, se evaluó: sorgo crudo seco y sorgo remojado durante 16h en agua acidificada a pH 3,5, los cuales se colocaron en medio de cultivo agar-agar/sorgo en cada una de las unidades experimentales, durante 4 días. Para la velocidad longitudinal, se inocularon tubos de Ryan con 200 μ L de una dilución de esporas de 8×10^7 /mL y se evaluó el crecimiento cada 12 h; para el crecimiento radial, se cortaron discos de 5 mm de diámetro de muestras del hongo, colocándose en cajas Petri y registrando la longitud diametral cada 12 h; para la determinación de biomasa se inocularon 200 μ L de una dilución de esporas de 8×10^7 /mL en una caja Petri con papel filtro, el cual se retiró al cabo del tiempo de crecimiento y la biomasa producida fue lavada y llevada posteriormente a peso seco. Todos los tratamientos se incubaron a 30°C y humedad relativa promedio de 70%. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial completamente al azar con dos factores (tipo

cual está relacionado con la mayor producción de biomasa que fue de 4,42% para el hongo *Rhizopus Oligosporus* bajo dichas condiciones. Resultados comparables se obtuvieron en estudios con harina de yuca cruda (Sarria, 1997). Estos resultados son importantes desde el punto de vista industrial pues evita el uso de tratamientos como el remojo que son poco eficientes por su alto consumo de agua y tiempo de proceso requerido.

Es evidente que no existen diferencias significativas entre las especies de *Rhizopus* en cada uno de los tratamientos, siendo estos los que presentan mejor comportamiento, debido posiblemente a las habilidades que presentan estos hongos para fermentar diversos tipos de sustratos bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa estudiadas. Otros estudios aplicando fermentación sólida (Martínez *et al.*, 2013; Ghosh *et al.*, 2011) han comprobado que los hongos pertenecientes a esta especie son buenos productores de enzima tanasa (17,7U/mL), la cual permite reducir los taninos, evidenciando el potencial de aplicación que tienen este tipo de microorganismos en procesos para disminución de dichos factores antinutricionales.

Tabla 1. Características de crecimiento de Hongos Filamentosos, en sustratos con sorgo.

Microorganismo	Velocidad Radial (mm/h)		Velocidad Longitudinal (mm/h)		Biomasa (%)	
	SS	SR	SS	SR	SS	SR
Rhizopus Oryzae MUCL 28168	0,76 \pm 0,02a	0,29 \pm 0,14b	5,31 \pm 1,30a	3,73 \pm 0,64abc	3,75 \pm 0,50a	1,28 \pm 1,27bc
Rhizopus Oligosporus ATCC 22959	0,73 \pm 0,02a	0,35 \pm 0,16b	5,69 \pm 0,53ab	2,68 \pm 0,92cd	4,42 \pm 1,16a	2,45 \pm 0,26ab
Aspergillus Oryzae ATCC 20387	0,12 \pm 0,01bc	0,03 \pm 0,02c	2,98 \pm 1,20bc	0,44 \pm 0,23d	1,34 \pm 1,00bc	0,09 \pm 0,13c

SS: Sorgo Seco; SR: Sorgo Remojado. Se reporta la media y la desviación estándar. Las medias de la misma columna con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

de microorganismo, adecuación del sustrato), y un nivel de significancia de 0,05, utilizando el software Minitab®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1. Las pruebas estadísticas mostraron que el tipo de microorganismo empleado y el tratamiento realizado al sustrato, tienen un efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento y la producción de biomasa, siendo $p < 0,05$. El hongo *Aspergillus Oryzae* (ATCC 2666), no presentó crecimiento durante los días de evaluación. Los valores máximos obtenidos fueron 0,76 mm/h y 5,69 mm/h para velocidad radial y longitudinal respectivamente. A nivel macroscópico se observaron diferencias en las densidades de los micelios de los hongos cuando se trabajaba con el sustrato crudo seco, lo

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos para desarrollo de biomasa y crecimiento en sorgo crudo seco, son interesantes desde el punto de vista industrial, ya que reducen las operaciones del proceso de fermentación sólida, reflejándose a futuro en una disminución en los costos de producción de harinas para alimentación, con mejores características nutricionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ghosh, B., and R. Rani. 2011. Current Commercial Perspective of *Rhizopus Oryzae*: A Review. *Journal of Applied Sciences*, 11(14), 2470–2486.
- Liang, J., B. Han, R. Nout and J. Harmer. 2008. Effects of soaking, germination and fermentation on phytic acid,

- total and in vitro soluble zinc in brown rice. *Food Chemistry* (110), 821–828.
- López, C. 2002. Los taninos en la alimentación de las aves comerciales. *Producao Animal*.
- Martínez, G.C., J.A. Ascacio, L. Sepúlveda, R. Rodríguez, A. Aguilera and C. Aguilar. 2013. Extracción Asistida por Fermentación Fúngica de Antioxidantes Fenólicos. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 16 - 24.
- Queiroz, V., E. Aguiar, R. Schaffert, A. Moreira, S. Machado e H. Duarte. 2011. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] para alimentacao humana. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 3(10), 180-195.
- Robert Nout, M., and K. Aidoo. 2010. Asian Fungal Fermented Food. In M. Hofrichter, *Industrial Applications* (pp. 29-58). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sarria Ruíz, S.H., 1997. Estudio sobre la fisiología y el crecimiento de hongos filamentosos del género *Rhizopus* en Harina de Yuca Cruda y con diferentes grado de gelatinización. *Trabajo de Grado*. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. Santiago de Cali, 150p.

Protocolo de Transformación Genética Vía *Agrobacterium tumefaciens* y Regeneración en Tomate (*Solanum lycopersicum*) var. TA234

A Simple *Agrobacterium tumefaciens* Mediated Protocol for Transformation and Regeneration of Tomato (*Solanum lycopersicum*) var. TA234

León-García¹, Elizabeth, Vela-Gutiérrez, Gilber, Del Ángel-Coronel, Oscar Andrés, Gómez-Lim, Miguel Ángel y García-Galindo, Hugo Sergio.

- 1 Instituto Tecnológico de Veracruz. Miguel Ángel de Quevedo # 2779 Col. Formando Hogar C.P. 91860 Veracruz, Ver. México. hugosgg@gmail.com
 2Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. gilber.vela@unicach.mx. 4Cinvestav-Irapuato.
 3 Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

Resumen. Secciones de hipocotiledones de tomate (*Solanum lycopersicum*) var. TA234 de ocho días de edad sembrados en medio Murashige and Skoog media fuerza y suplementado con algunas vitaminas, fueron cocultivados con la cepa *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404 que contiene un vector binario pCambia2301 con el promotor CaMV 35S. El gen de la glucuronidasa (*GUS*) como gen reportero y el de Neomycin fosfotransferasa (*nptII*) como antibiótico de selección. El plásmido contiene también la secuencia en antisentido *Tomlox B*. Después del cocultivo, los explantes fueron transferidos a medio selectivo de regeneración conteniendo 100 mg/L de Kanamicina y subcultivados a medio fresco cada 3 semanas. Los brotes verdes fueron regenerados a plántulas in vitro y luego trasplantados en macetas con tierra. De un total de 158 explantes transformados el 60 % presentaron clorosis en medio selectivo a Kanamicina. El 40 % regeneró brotes, callos y embriones somáticos los cuales dieron lugar posteriormente a plántulas. Los eventos de transformación fueron cuantificados directamente por observación de la reacción de *GUS* realizada en las hojas con una eficacia de transformación del 4.43 %. Este procedimiento no requiere

de un cocultivo de Tobacco o Petunia para la transformación. Sólo se utilizó zeatina como regulador del crecimiento durante la regeneración.

Palabras clave: Glucuronidasa, Kanamicina, tomate cisgenico.

Abstract. Tomato (*Solanum lycopersicum*) var TA234 hypocotyl sections from eight days old seedlings grown on half strength Murashige and Skoog medium supplemented with some vitamins were cocultured with *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404. A strain harboring a binary vector pCambia2301 carrying the CaMV 35S promoter. B glucuronidase (*GUS*) gene was used as a reporter gene and Neomycin phosphotransferase (*nptII*) gene as a positive selection antibiotic marker. The plasmid contains also the antisense *Tomlox B* sequence. After cocultivation, the explants were transferred to selective regeneration medium containing 100 mg/L kanamycin and transferred to fresh medium every 3 weeks. Green shoots were regenerated to plantlets in vitro and then were transplanted to potting soil. 60 % of 158 regenerated explants were discarded by chlorosis

in selective media with kanamycin. 40 % of shoots, buds and somatic embryos regenerated to plantlets. The transformation events were quantified by directly observing the GUS blue staining in the leaves of plantlets with an efficiency of 6.3 %. This procedure does not require a feeder layer of Tobacco or Petunia. Only Zeatin was used as growth regulator.

Key words: *Glucuronidase, Kanamycin, Cisgenic tomato.*

INTRODUCCIÓN

Desde las primeras transformaciones genéticas realizadas en tomate (McCormick *et al.*, 1986) no han cesado los trabajos publicados sobre diversas metodologías que abordan el tema. Sin embargo, aunque cada variedad presenta algunas diferencias en el proceso de transformación y regeneración de tejidos vegetales, muchas de estas metodologías son complicadas y se enfocan en sumar procedimientos sin mayor aporte. Es por ello que el objetivo de este trabajo es desarrollar un protocolo sencillo de transformación genética de tomate (*Solanum lycopersicum*) var. TA234 y una regeneración que permita obtener plántulas de tomate transformadas y una comprobación por aplicación de técnica de GUS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se utilizaron explantes hipocotiledonarios provenientes de semillas sembradas *in vitro* de tomate (*Solanum Lycopersicum*) variedad TA234 de 8 días de edad. Las semillas se escarificaron durante 5 min en una solución de ácido sulfúrico 1N y posteriormente se lavaron en una solución de Tween 20 al 0,1% y cloro al 20%, y se enjuagaron con agua destilada. Las semillas se sembraron en medio MSO y se depositaron en una cámara de incubación regulada a un color de temperatura de 4100 K y un fotoperiodo de 16 por 8 h (luz/oscuridad). La temperatura de la cámara fue de 25°C.

Cepa de *Agrobacterium tumefaciens* y plásmido utilizado. Se utilizó la cepa LBA4404 de *Agrobacterium tumefaciens*, para transferir el vector de clonación con la secuencia de TomloxB en orientación antisentido y los genes uidA y nptII, los cuales codifican para las enzimas β -glucuronidasa (actividad gus) y la neomicina fosfotransferasa II, respectivamente. Regulado por el promotor CAMV35S del virus del mosaico de la coliflor y por el terminador NOS de la nopalina sintasa. La secuencia en orientación antisentido de TomloxB codifica para una secuencia parcial de 1567 pb correspondiente a la lipoxigenasa B de tomate, la cual está involucrada en el proceso de maduración y senescencia del fruto.

Preparación del inóculo. La cepa LBA4404 de *Agrobacterium*

tumefaciens se puso a crecer en medio YM que contenía Kanamicina a una concentración de 50 mg/L. El preinóculo obtenido se incubó por 4 días, en el mismo medio adicionado con Kanamicina (50 mg/L) y acetosiringona (100 mg/L), se mantuvo en agitación a 150 rpm y 28°C. Cuando el inóculo alcanzó una OD entre 0,5 y 0,7 (medido a 600 nm) se centrifugó a 8000 rpm durante 10 min a 3°C y se resuspendió en medio MS al 0,2 %.

Transformación. El corte de explantes se realizó un día antes de la transformación genética. Los explantes se incubaron a 25°C con luz de 4100 K y en fotoperiodo de 16 por 8 durante 24 horas. Al siguiente día los explantes se pusieron en contacto con el inóculo de *A. tumefaciens* con agitación durante 20 min. Posteriormente los explantes se colocaron de manera adaxial en contacto con el medio en oscuridad e incubación a 19 °C durante 48 horas. Una vez transcurrido ese tiempo, los explantes transformados se subcultivan en medio selectivo Z2 (100 mg/L Kanamicina) con la cara abaxial hacia el agar. Se incubaron a 25°C en el mismo fotoperiodo.

Subcultivos y adaptación en tierra. Los subcultivos se realizaron cada 3 semanas o cuando el agotamiento de recursos del medio o la disponibilidad de espacio físico lo ameritaba. Una vez que los brotes alcanzaron la altura de 2 cm, se subcultivaron en medio 1Z (100 mg/L Kanamicina), cuando las plántulas regeneradas alcanzaron los 4 cm de altura se transfirieron a medio de enraizamiento.

Ensayo histoquímico. Una vez que las plántulas contenían suficiente raíces se transfirieron a tierra y se realizó la prueba de GUS para comprobar una transformación efectiva, la cual consistió en colocar una sección del tejido vegetal en contacto con el reactivo de X-Gluc para verificar la expresión de la β -Glucuronidasa. La reacción se pone a incubar a 37°C en oscuridad durante 24 horas. La reacción es positiva cuando el tejido se tiñe de azul. (Jefferson, 1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los explantes cotiledonarios fueron cortados en la base y en la punta y la parte media fue tomada para realizar la transformación. Como lo reportan Fillati *et al.*, (1987) y Sharma *et al.*, (2009). Pugliesi *et al.*, (1999) indicaron que los brotes primordiales son originados de las células parenquimatosas vasculares de los hipocotiledones sin una fase callosa intermedia. A los 30 días los tratamientos testigo presentaron organogénesis directa a diferencia de los transformados, quienes presentaron tanto organogénesis directa como embriogénesis somática (Figuras 1a y b), efecto reportado por otros autores en tomate cherry

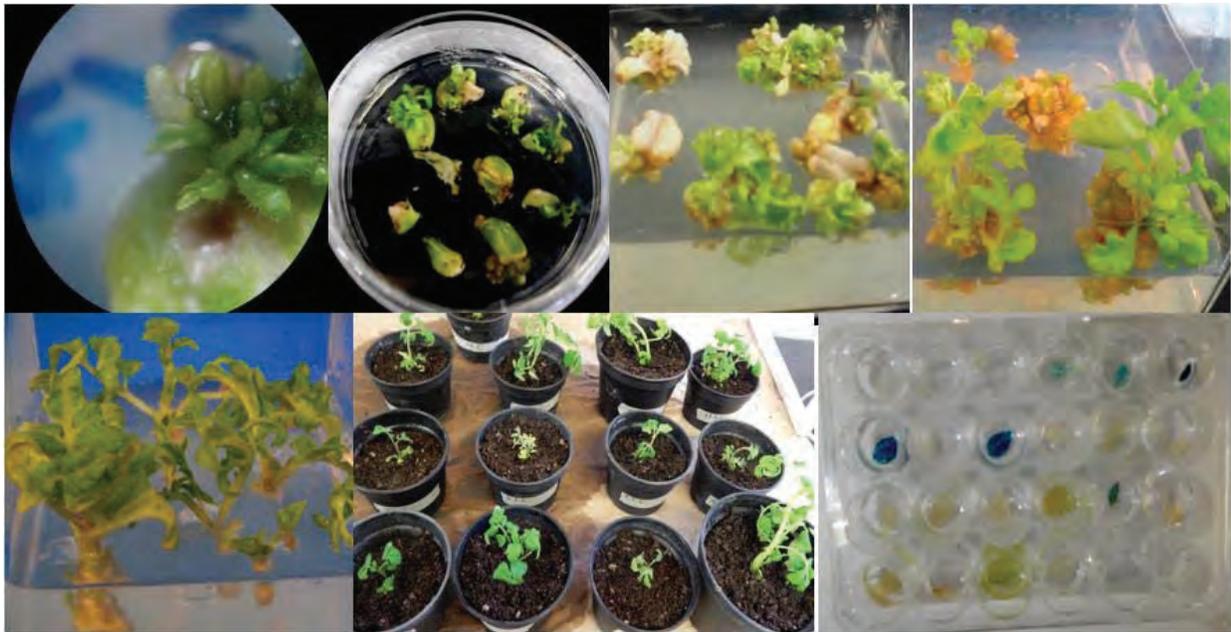


Figura 1. Regeneración de explantes de tomate (*Solanum Lycopersicum* var. TA234) posterior a la transformación genética. Desde la esquina superior izquierda: A. Embriogénesis somática B. Organogénesis directa. C. Selección en Kanamicina. D. Elongación de los brotes. E. Plántulas. F. Acondicionamiento en tierra. G. Demostración visual de la reacción de GUS (Coloración azul intensa).

(Guan *et al.*, ., 2012) y en 4 variedades Manitoba, MH 6203 VF, Orange Queen y Sweet Million (Newman *et al.*, ., 1996). Setenta y seis días posterior a la transformación la mayoría de los explantes que estaban cloróticos y con el tejido firme, generaron brotes verdes, algunos presentaban un crecimiento más diferenciado de tallos y hojas (Figura 1c). A partir de este estadio, los brotes verdes y/o bien diferenciados se separaron del explante clorótico para promover una diferenciación correcta (figura 1d). (Sharma *et al.*, ., 2009). En este experimento sólo se utilizó zeatina como regulador del crecimiento simplificando el proceso de regeneración. De un total de 158 explantes transformados, el 60% presentaron clorosis en medio selectivo con Kanamicina. El 40% regeneró brotes, callos y embriones somáticos los cuales dieron lugar posteriormente a plántulas (Figura 1e). Cuando se realizó el ensayo de expresión estable (GUS) a las plantas una vez acondicionadas en tierra (Figura 1f), siete de ellas dieron positivas (Figura 1g), lo que corresponde a una eficacia de transformación del 4.43 % en base al número de explantes originalmente transformados.

BIBLIOGRAFIA

- Fillati, J.J., J. Kiser, R. Rose and L. Comai, 1987. Efficient transfer of a glyphosate tolerance gene into tomato using a binary *Agrobacterium tumefaciens* vector. *BioTechnology* (5): 726–73.
- Guan, Z.J., B. Guo, Y. Huo, Z. Guan, J. Dai, and Y. Wei, 2012. Short communication: Organogenesis and somatic embryogenesis in callus derived from HBsAg-transgenic tomato mutant. *Can. J. Plant Sci.* (92): 747–756.
- Jefferson, R.A., 1987. Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. *Plant Mol. Biol. Rep.* (5):387–405.
- McCormick, S., J. Niedermeyer, J. Fry, A. Barnason, R. Horsch and R. Fraley, 1986. Leaf disc transformation of cultivated tomato (*L. esculentum*) using *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Rep.* (5):81–84.
- Pugliesi, C., G. Cionini, L. Bertram, and B. Lercari, 1999. A histological study of light-dependent shoot regeneration in hypocotyls explants of tomato cultured *in vitro*. *Adv Hort Sci.* (13): 168–172.
- Newman, P.O., S. Krishnaraj, and P.K. Saxena, 1996. Regeneration of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): somatic embryogenesis and shoot organogenesis from hypocotyl explants induced with 6-benzyladenine. *Int J Plant Sci.* (157): 554–560.
- Sharma, M.K., A.U. Solanke, D. Jani, Y. Singh and A.K. Sharma, 2009. A simple and efficient *Agrobacterium*-mediated procedure for transformation of tomato. *J. Biosci.* (34): 423–433.

Activity Maximization Study of Esterase from Soybeans (*Glycine Max L*) By Experimental Design

Estudio de la Maximización de la Esterasa Actividad de la Soja (Glycine Max L) por Diseño Experimental.

Márcio de Barros¹, Giovana S. Padilha², Gabriela A. Macedo³

1 Food Science, PhD. Food Science, Faculty of Food Engineering, Department of Food Science, State University of Campinas, Brazil. marciodebarros@hotmail.com

2 Food Engineering, PhD. Food Engineering, Faculty of Food Engineering, Department of Food Engineering, State University of Campinas, Brazil, State University of Campinas, Brazil. giovana_padilha@yahoo.com.br

3 Professor, Faculty of Food Engineering, Department of Food Science, State University of Campinas, Brazil. macedoga@gmail.com

Abstract: Esterase from soybean recently studied presented an elevated level of activity in the presence of potassium sulfate and sodium citrate. As such, the objective of this study was to evaluate the interactive effect of potassium sulfate, sodium citrate, temperature and pH in the esterase activity in crude soybean. It was observed that the interaction between pH and temperature had a positive effect on the enzyme activity. The esterase from soybean showed good activity in alkaline pH and temperatures close to 45°C.

Key words: Esterase, *Glycine max*, potassium sulfate, sodium citrate.

Resumen: Esterasa de la soja recientemente estudiado presenta un elevado nivel de actividad en presencia de sulfato de potasio y citrato de sodio. Como tal, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto interactivo de sulfato de potasio, citrato de sodio, la temperatura y el pH sobre la actividad esterase en soja crudo. Se observó que la interacción entre el pH y la temperatura tenía un efecto positivo sobre la actividad de la enzima. La esterase de la soja mostró una buena actividad en pH alcalino y temperaturas cercanas a los 45 ° C.

Palabras clave: Esterasa, *Glycine max*, sulfato de potasio, citrato de sodio.

INTRODUCTION

The demand for lipolytic enzymes has seen a particular increase and is in growing demand closely related to the continuous use of genetic engineering and enzymology. Esterases and lipases from plant seeds have been studied at length and have gained recognition, as these enzymes present interesting characteristics such as specificity, optimum pH activity, etc. (Paques *et al.*, ., 2006). Er-zheng *et al.*, . (2010) studied lipase from castor beans (*Ricinus communis* L.) and observed some interesting characteristics, such as optimum pH activity at 4.5 and optimum temperature activity at 35°C. Lipase from almond

seeds (*Amygdalus commnis* L.) studied by Yesiloglu y Baskert, (2008) showed an optimum pH activity around 8.5 and optimum temperature activity at 65°C. This study aimed to evaluate the interactive effect of pH, temperature, potassium sulfate and sodium citrate on the activity of esterase from soybean (*Glycine max* L.), using the response surface methodology.

MATERIAL AND METHODS

Materials. Soybeans (*Glycine Max L.*) used in this study were provided by VITAO Brazilian industry. The substrate used to evaluate the enzymatic activity was p-nitrophenyl butyrate (Sigma Aldrich) at concentration of 1.12 mM. P.A. grade sodium citrate (C₆H₅Na₃O₇) and potassium sulfate (K₂SO₄) were used. The enzymes were extracted using the method described by Aizono *et al.*, . (1973) modified by Kermasha y Van de Voort, (1986).

Methods. Determination of esterase activity using synthetic substrate. The esterase activity of the crude soybean extract was determined spectrophotometrically by hydrolysis of the synthetic substrate p-nitrophenyl butyrate (pNPB), according to Macedo y Pio, (2005). Sodium citrate and potassium sulfate were added to the reaction medium. The readings were conducted after 5 minutes of reaction at 405 nm. One unit of esterase activity was defined as the quantity of p-nitrophenyl released (in μmol) per minute per mL of supernatant.

Central composite rotational design (CCRD) 2⁴ (temperature, pH, sodium citrate (C₆H₅Na₃O₇) and potassium sulfate (K₂SO₄) for the soybean esterase response activity. A CCRD 2⁴ was carried out for variables temperature, pH, potassium sulfate and sodium citrate. Table 1 shows the experiment matrix.

Table 1 - Variables in the complete central composite rotational design 24.

Independent variables/ levels	- α	-1	0	1	+ α
Temperature (°C)	30	35	40	45	50
pH	7	7,5	8	8,5	9
K ₂ SO ₄	0,5	1,37	2,25	3,12	4
Sodium Citrate	8	9	10	11	12

Concentration in mM.; $\alpha = 1 (2^n)^{1/4}$, n= number of independent variables studied.

RESULTS AND DISCUSSION

Results of the activity of esterase from soybean under different conditions are shown in Table 2. The analysis of effects was not shown, but it can be observed that for enzymatic activity, the

linear and quadratic terms were significant for temperature and pH, as well as the quadratic term for K₂SO₄ at 5% significance ($p < 0,05$). The coefficient of determination for the enzymatic activity was 72%. ANOVA indicates that the regression was not highly significant at 95% confidence. Although the correlation coefficient was not satisfactory, and the value of F_{calculated} was very close to that of F_{tabulated}, for this type of experiment, this value can be considered regular, since we are dealing with enzymatic activity (data not shown). The coded model containing the significant terms can be observed in Equation 1.

Some more tests were conducted to confirm that the conditions of test 22 of the experimental design (Table 2) truly represented the best conditions for the enzyme activity (Table 3).

$$\begin{aligned} \text{Maximum activity (U.mg}^{-1}\text{)} = & 2.38 - 0.84 * \text{Temp} - 0.29 * \text{Temp}^2 - 1.66 * \text{pH} - 1.13 * \text{pH}^2 + 0.91(\text{K}_2\text{SO}_4)^2 + \\ & 0.33 * \text{Temp} * \text{pH} + 0.56 * \text{Temp} * (\text{K}_2\text{SO}_4) + 0.54 * \text{Temp} * \text{citrate} - 0.40 * \text{pH} * \text{citrate} - 0.43 * \text{pH} * (\text{K}_2\text{SO}_4) + \\ & 0,74 * \text{citrate} * (\text{K}_2\text{SO}_4) \end{aligned} \quad (\text{Eq.1})$$

Table 2 - Coded variables and real values (in parentheses) of the variables from the factorial design (CCRD) 24 and values of the enzymatic activity (U.mg-1) of esterase from soybean.

Tests	Order of Execution	Temperature (°C)	pH	K ₂ SO ₄	Sodium Citrate	Enzymatic Activity (U.mg-1)	Activity Predicted by the Model	Residue
1	10	-1(35)	-1(7,5)	-1(1,37)	-1(9)	3,80	4,03	-0,23
2	23	-1(35)	-1(7,5)	-1(1,37)	1(11)	3,07	3,18	-0,12
3	2	-1(35)	-1(7,5)	1(3,12)	-1(9)	2,98	3,13	-0,15
4	29	-1(35)	-1(7,5)	1(3,12)	1(11)	3,77	3,76	-0,00
5	8	-1(35)	1(8,5)	-1(1,37)	-1(9)	4,07	2,88	1,18
6	11	-1(35)	1(8,5)	-1(1,37)	1(11)	0,00	1,16	1,16
7	19	-1(35)	1(8,5)	1(3,12)	-1(9)	0,00	1,17	-1,17
8	25	-1(35)	1(8,5)	1(3,12)	1(11)	0,00	0,92	-0,92
9	12	1(45)	-1(7,5)	-1(1,37)	-1(9)	1,99	1,74	0,24
10	15	1(45)	-1(7,5)	-1(1,37)	1(11)	2,23	1,99	0,24
11	5	1(45)	-1(7,5)	1(3,12)	-1(9)	2,21	1,98	0,23
12	9	1(45)	-1(7,5)	1(3,12)	1(11)	1,84	3,70	-1,87
13	20	1(45)	1(8,5)	-1(1,37)	-1(9)	0,34	1,27	-0,92
14	17	1(45)	1(8,5)	-1(1,37)	1(11)	0,09	0,63	-0,54
15	16	1(45)	1(8,5)	1(3,12)	-1(9)	0,11	0,68	-0,58
16	15	1(45)	1(8,5)	1(3,12)	1(11)	0,84	1,53	-0,69

Tests	Order of Execution	Temperature (°C)	pH	K2S04	Sodium Citrate	Enzymatic Activity (U.mg-1)	Activity Predicted by the Model	Residue
17	28	-2(30)	0(8)	0(2,25)	0(10)	3,10	2,64	0,45
18	13	2(50)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,06	0,95	1,11
19	30	0(40)	-2(8,5)	0(2,25)	0(10)	1,75	1,75	-0,00
20	27	0(40)	2(7)	0(2,25)	0(10)	0,00	1,57	1,57
21	3	0(40)	0(8)	-2(4)	0(10)	4,65	4,19	0,46
22	9	0(40)	0(8)	2(0,5)	0(10)	5,30	4,19	1,10
23	26	0(40)	0(8)	0(2,25)	-2(8)	2,60	2,36	0,24
24	25	0(40)	0(8)	0(2,25)	2(12)	3,54	2,36	1,17
25 (C)	13	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,49	2,36	0,13
26 (C)	14	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,38	2,36	0,01
27 (C)	20	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,04	2,36	-0,33
28 (C)	18	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,74	2,36	0,37
29 (C)	21	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,21	2,36	-0,15
30 (C)	24	0(40)	0(8)	0(2,25)	0(10)	2,43	2,36	0,06

CCRD= central composite rotational design $\alpha = \pm (2^n)^{1/4} = \pm 2$ n= number of variables studied

Table 3. Enzymatic activity of esterase from soybean at pH 7.5 and temperature 40°C.

Tests	Enzymatic activity (U.mg-1)	Media
1	5,83	5,78±0,25
2	5,32	
3	5,76	
4	5,40	

The results of the enzymatic activity shown in Table 3 are similar to the results from test 22 (Table 2) from the experimental design, confirming that the esterase from soybean in fact has better activity at pH 8.0 and 40°C.

CONCLUSION

The soybean esterase showed optimum active in pH moderately alkaline at 40°C. This property enables the application of this enzyme in detergents end others.

BIBLIOGRAPHY

- Paques, F.W. and G.A. Macedo. 2006. Lipases de látex vegetais: Propriedades e aplicações industriais. *Química Nova* 29(1): 93-99.
- Er-zehng, S., Z. Ying, Y. Peng-yong and W. Dong-zhi. 2010. Lipases in the castor bean seed of Chinese varieties: Activity comparison, purification and characterization. *Journal Shanghai of University (Engl. Ed)*. 14(2): 137-144.
- Yesiloglu, Y. and L. Baskurt. 2008. Partial purification and characterization of almond seed lipase. *Preparative Biochemistry and Biotechnology* 38(4): 397-410.
- Aizono, Y., M. Funatsu, M. Sugano, K. Hayashi and Y. Fujiki. 1973. Enzymatic properties of rice bran lipase. *Agricultural and Biological Chemistry* 37(1-4): 2031-2036.
- Kermasha, S. and F.R. Van de Voort. 1986. Characterization of French bean (*Phaseolus vulgaris*) seed lipase. *Canadian Institute of Food Science and Technology*. 19(5): 23-27.
- Macedo, G.A. and T.F. Pio. 2005. A rapid screening method for cutinase producing microorganisms. *Brazilian Journal of Microbiology*. 36(4). 388-394.

Influencia de Esterilización y Fermentación en Fase Sólida sobre las Propiedades Antioxidantes de Polen Apícola

Influence of Sterilization and Solid-State Fermentation on the Antioxidant Properties of Bee Pollen

Claudia Y. Salazar-González¹, Carlos A. Céspedes², Consuelo Díaz-Moreno³

1 Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos (C) - Ingeniera Química, Universidad Nacional de Colombia, cysalazarg@unal.edu.co.

2 Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia, cacespedesz@unal.edu.co.

3 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, amcdiazmo@unal.edu.co.

Autor a quien dirigir la correspondencia

Resumen. El polen apícola es considerado un alimento, debido a las características nutricionales, bioactivas y antioxidantes que posee. Así mismo es un buen sustrato para procesos de fermentación en fase sólida previo acondicionamiento para la reducción de la carga microbiana inicial. Se realizó el bioproceso evaluando el cambio en la actividad antioxidante utilizando los métodos de TEAC y FRAP, el contenido de fenoles y carotenoides totales durante 72 horas, encontrando un aumento aproximado del 40% en la actividad antioxidante total y 20% en el contenido de carotenoides totales, mientras que el contenido de fenoles totales disminuyó con el tratamiento de acondicionamiento (121°C por 15 minutos); sin embargo el proceso de fermentación no generó cambios estadísticamente significativos ($p > 0,05$) en las propiedades antioxidantes.

Palabras clave: compuestos fenólicos, carotenoides, TEAC, FRAP.

Abstract. Bee-pollen is considered as food due to its nutritional, bioactive and antioxidant characteristics. It is also a good substrate for solid-state fermentation processes after completion of a conditioning due to microbial growing. Bioprocess was performed evaluating the change in the antioxidant activity using FRAP and TEAC methods, phenol content and total carotenoids for 72 hours, finding an approximate 40% increase in total antioxidant activity and 52% of the carotenoid content total, while the total phenol content decreased with conditioning treatment (121 °C for 15 minutes). The fermentation process produces no statistically significant changes ($p > 0.05$).

Keywords: phenolic compounds, carotenoids, TEAC, FRAP.

INTRODUCCIÓN

El polen se caracteriza por ser una multitud de cuerpos generalmente esféricos, unidades reproductoras masculinas

de la planta, que son recolectados por las abejas y mediante la adición de secreciones salivares y néctar se denomina polen apícola (Campos *et al.*, ., 2008). Tiene un contenido importante de nutrientes como proteínas, carbohidratos, lípidos, micronutrientes, compuestos bioactivos y antioxidantes como polifenoles, carotenoides (principalmente β -caroteno) y flavonoides (flavonas, isoflavonas, flavonoles, antocianinas) (Del Risco 2004; Campos *et al.*, ., 2008), y es considerado un alimento funcional.

La fermentación en fase sólida de polen apícola es un proceso que busca generar valor agregado mediante la obtención de un producto con características similares al pan de abejas (Vamanu *et al.*, ., 2008; Fuenmayor 2009), es decir, polen fermentado de forma natural al interior de la colmena (Del Risco, 2004), con el fin de aumentar la disponibilidad de los nutrientes provenientes del polen; sin embargo es necesario realizar previamente procesos de limpieza y acondicionamiento por la carga microbiana inicial del polen.

El objetivo de este trabajo fue determinar el cambio en las propiedades antioxidantes de polen apícola después de un proceso de esterilización y fermentación en fase sólida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Polen: originario de apiarios, ubicados en la zona de bosque alto-andino (2800 y 3200 msnm). Las muestras de polen apícola seco fueron obtenidas en un horno de secado con aire caliente a 60°C \pm 5°C por 4 horas y se mantuvo a temperatura ambiente hasta su inclusión en el proceso.

Condiciones de proceso: la fermentación fue realizada a 35°C durante 72 horas tomando muestras a 0, 12, 24, 48 y 72 horas. Se utilizó la cepa *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014) en muestras de polen apícola previamente esterilizado a 121°C

durante 15 minutos en la relación polen seco:agua destilada 1:1. Las fermentaciones se realizaron por triplicado.

Propiedades antioxidantes: se evaluaron en extractos etanólicos de las muestras. Se determinaron los fenoles totales por el método Folin-Ciocalteu, siguiendo la metodología de Stratil (Stratil *et al.*, ., 2006) con algunas modificaciones; la actividad antioxidante mediante TEAC, por la decoloración del radical ABTS•+, siguiendo la metodología propuesta por Baltrušaityt *et al.*, ., (2007) con algunas modificaciones; FRAP, por la reducción del hierro en el compuesto TPTZ, siguiendo la metodología propuesta por LeBlanc *et al.*, ., (2009) con algunas modificaciones y carotenoides totales, siguiendo metodología de Rodríguez-Amaya y Kimura, (2004) con algunas modificaciones.

Análisis estadístico: los resultados se analizaron mediante un análisis de estadística descriptiva utilizando Excel®, seguido de un análisis de varianza –ANOVA y la prueba de Tukey como método de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95% mediante el uso del software MATLAB®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las características antioxidantes obtenidas se presentan en la Tabla 1, encontrándose diferencias significativas entre la esterilización y la fermentación para la actividad antioxidante por FRAP y fenoles totales. La capacidad antioxidante por TEAC presenta diferencias antes y después del tratamiento térmico debido posiblemente a productos de la reacción de Maillard generados en el calentamiento, que contribuyen con el potencial antioxidante de los alimentos (Yilmaz y Toledo 2005; Zilic, *et al.*, ., 2014). Otro factor que puede inducir este aumento es la relación de polen: agua utilizada, debido a que en matrices hidrofílicas los productos

de Maillard presentan una mayor actividad antioxidante (Yilmaz y Toledo 2005). Los fenoles totales disminuyen levemente, esto puede ser debido a la estructura morfológica que protege el grano, que evita que ciertos compuestos sufran degradación térmica (Zilic *et al.*, ., 2014). La fermentación no presenta diferencias significativas a lo largo del proceso.

En esta investigación se observó que los valores para TEAC, FRAP y carotenoides totales aumentaron en 42, 35 y 20%, respectivamente generados por la esterilización.

Algunos investigadores han trabajado en fermentación de polen apícola, encontrando que la actividad antioxidante aumenta después de 7 días de proceso (Vamanu *et al.*, . 2010), contradiciendo lo observado en este trabajo, donde se observó que el proceso mantiene constante la actividad antioxidante.

CONCLUSIÓN

El polen apícola sometido a esterilización aumenta su capacidad antioxidante total, mientras que en la fermentación en fase sólida esta actividad se mantiene, indicando que el proceso térmico realizado favorece la producción o liberación de compuestos antioxidantes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está soportada por el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores del año 2012 y al proyecto “*Establecimiento de procesos de conservación y transformación de polen apícola para la obtención de alimentos con características funcionales*” desarrollado en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -ICTA- de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, financiados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias- y al Apiario Los Cerezos, por facilitar

Tabla 1. Características antioxidantes de polen apícola en procesos de esterilización y fermentación.

Muestra	TEAC (mM Trolox/g polen)	FRAP (mM Trolox/g polen)	Fenoles totales (mg a. Gálico/g polen)	Carotenoides (mg β -caroteno/kg polen)
Antes TT	0,041±0,002 a	0,052±0,004 a	16,28±2.21 a	2149±122 a
Después TT	0,055±0,003 b	0,055±0,001 a	16,14±0.91 a	
Fermentación inicio	0,057±0,005 b	0,070±0,006 b	6,35±0.65 b	2344±162 a
Fermentación 12h	0,053±0,004 b	0,068±0,004 b	6,31±0.67 b	2582±197 a
Fermentación 24h	0,057±0,004 b	0,073±0,007 b	6,98±0.58 b	2253±24 a
Fermentación 48h	0,053±0,002 b	0,070±0,004 b	5,90±0.50 b	2258±10 a
Fermentación 72h	0,058±0,007 b	0,066±0,002 b	6,35±0.30 b	2479±209 a

Resultados en base seca. Letras distintas en una misma columna para cada tratamiento indica diferencias significativas, con un nivel de confianza de 95%.

material para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Baltrušaityt, V., P.R. Venskutonis and V. Čeksteryt. 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry* 101(2): 502-514.
- Campos, M., S. Bogdanov, L. Muradian, T. Szczesna, Y. Mancebo, C. Frigerio and F. Ferreira. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2): 156-163.
- Del Risco, R., Carlos Alberto. 2004. Polen-Pan de Abejas: Composición, Nutrición, Acción en la Salud Humana y Microbiología. 13.
- Fuenmayor, C.A. 2009. Aplicación de Bioprocesos en Polen de Abejas para el Desarrollo de un Suplemento Nutricional Proteico. Tesis Magister en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 225.
- LeBlanc, B.W., O.K. Davis, S. Boue, A. DeLucca and T. Deeby. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry* 115 (4): 1299-1305.
- Rodriguez-Amaya, D.B. and M. Kimura 2004. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. HarvestPlus Technical Monograph 2. Washington, D.C-USA and Cali-Colombia.
- Stratil, P., B. Klejdus and V. Kubáň. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables - evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of agricultural and food chemistry*. 54(3): 607-616.
- Vamanu, A., E. Vamanu, O. Popa, G. Câmpeanu, R. Albuлесcu, M. Drugulescu, S. Niã, N. Bâbeani. 2008. Obtaining of a Symbiotic Product Based on Lactic Bacteria, Pollen and Honey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11(4): 613-617.
- Vamanu, E., A. Vamanu, O. Popa and N. B beanu. 2010. The Antioxidant Effect of a Functional Product Based on Probiotic Biomass, Pollen and Honey. *Animal Science and Biotechnologies* 43(1): 6.
- Yilmaz, Y. and R. Toledo. 2005. Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chemistry* 93 (2): 273-278.
- Zilic, S., B.A. Mogol, G. Akilloğlu, A. Serpen, N. Delić and V. Gökmen. 2014. Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(1): 45-51.

Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial del Tomillo (*Thymus Vulgaris*) sobre *Listeria Monocytogenes*.

Antimicrobial Effect of The Essential Oil from Thyme (Thymus Vulgaris) on Listeria Monocytogenes

Andrés Felipe Morales Castro¹; José Víctor Higuera Marín²; Edith M. Cadena Chamorro³

- 1 Zootecnista. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, afmoralesc@unal.edu.co
- 2 Profesor. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, vhiguera@unal.edu.co
- 3 Profesora Asociada. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, emcadenac@unal.edu.co

Resumen. Los aceites esenciales de fuentes vegetales se definen como mezclas complejas que pueden presentar efectos antimicrobianos sobre bacterias patógenas. Esta investigación, se enfoca al procesamiento del Tomillo (*Thymus vulgaris*) para la extracción de aceite esencial por arrastre con vapor. Una respuesta positiva en la evaluación de las propiedades biológicas, genera expectativas en la obtención de un nuevo producto o un aditivo para la industria alimentaria con alto potencial de aplicación. El análisis químico por cromatografía de gases y espectrometría de masas (CG/EM) confirma al Timol como el componente mayoritario en el aceite esencial. El efecto antimicrobiano contra *L. monocytogenes* se evaluó In Vitro

con la concentración mínima inhibitoria (CMI) encontrándose actividad biocida con un CMI equivalente a 25000 ppm.

Palabras clave: Aditivo, arrastre con vapor, concentración mínima Inhibitoria, cymene, quimiotipo, timol.

Abstract. Essential oils from vegetable species are defined as complex mixtures that may present antimicrobial effects on pathogenic bacteria. This research focuses on the method of extracting essential oil from Thyme (*Thymus vulgaris*) by steam water. A positive effect on the biological properties raises expectations for obtaining a new product or food additives with a great potential in industrial applications. The chemical analysis

by gas chromatography / mass spectrometry (GC-MS), confirms that thymol is the major component of thyme essential oil. The antimicrobial effect in-vitro against *L. monocytogenes* was evaluated by the minimum inhibitory concentration (CMI). The results showed biocidal activity with a CMI equivalent to 25000 ppm.

Key words: Aditive, Steam water, Minimum Inhibitory Concentration, Cymene, Chemotype, Thyme.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales (AEs) cubren un amplio espectro de actividades denominadas en la industria alimentaria como funcionales y han tomado importancia por su gran capacidad biocida contra una amplia gama de microorganismos; además se resalta que presentan mejor biodegradabilidad comparado con antibióticos y conservantes químicos disponibles en el mercado (García *et al.*, ., 2010). El efecto de los Aceites Esenciales (AEs), consiste en incrementar la fluidez de la membrana microbiana generando la salida de iones de potasio, lo que conduce a disminuir el gradiente de pH a través de la membrana citoplasmática, además de la inhibición en la síntesis de ATP, lo que finalmente conlleva a la muerte celular (Solís, 2012). Los AEs, se utilizan en muchos productos alimenticios, como los extractos de sabores, los jugos de fruta, en derivados cárnicos, productos horneados, dulces, condimentos y jarabes, por lo cual han sido registrados por la Comisión Europea como saborizantes para alimentos, debido a que no presentan riesgos en la salud del consumidor como lo informa la FDA (Food and Drug Administration) al considerarlos como sustancias GRAS (Generally Regarded as Safe) (Sauceda, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso de extracción. El Tomillo fue recolectado en el municipio de Rionegro (Antioquia, Colombia). El corte se realizó en diferentes tiempos (12, 14 y 16 semanas de edad). Posterior al secado del tomillo a 60°C por 48 horas se efectuó la extracción del aceite esencial a través del método de destilación por arrastre con vapor durante dos horas (Quezada, 2008).

Caracterización del Aceite Esencial de Tomillo. Se determinó la concentración de los diferentes componentes mayoritarios del aceite esencial, a través de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG-EM).

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del AE de tomillo. El efecto del AE sobre *L. monocytogenes*, se determinó a través de la difusión en agar, basado en el método de Kirby-Bauer usando discos de papel impregnados. Se diluyó el AE en DMSO (Dimetilsulfóxido) en concentraciones de 20000 ppm, 25000 ppm y 30000 ppm. La siembra masiva del inóculo se realizó a 0,5 según el patrón de Macfarland, en medio de cultivo caldo Müeller-Hinton. Las cajas de Petri fueron incubadas durante 48 horas a 37°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la extracción del AE se observó una variación que es dependiente del tiempo de cosecha o corte. El Tomillo con 14 semanas de edad al corte presentó el mayor porcentaje de extracción con un rendimiento promedio de $0,603 \pm 0,003\%$, (Tabla 1). Los resultados obtenidos fueron inferiores a los reportados por Pirigharnaei *et al.*, ., (2012), quienes encontraron rendimientos entre el 0,91% al 1,43%; además se evidencia lo descrito por Duran, (2005), quien demuestra que las etapas jóvenes de los cultivos presentan mayor rendimiento en la extracción de aceites esenciales.

Tabla 1. Rendimiento en la extracción del Aceite Esencial de Tomillo.

Rendimiento de extracción (%)					
Edad del Tomillo	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4	Corrida 5
12 Semanas	0,450	0,467	0,433	0,460	0,462
14 Semanas	0,600	0,607	0,600	0,603	0,603
16 Semanas	0,383	0,367	0,383	0,365	0,380

En la caracterización del quimiotipo del AE del Tomillo con

Tabla 2. Componentes mayoritarios del Aceite Esencial de Tomillo.

Aceite Esencial	Componentes mayoritarios	Tiempo de Retención (min)	Abundancia Relativa (%)
Tomillo con 12 semanas de edad	Thymol	25,12	31,40%
	p-Cymene	11,17	15,68%
Tomillo con 14 semanas de edad	Thymol	25,16	31,67%
	p-Cymene	11,1	14,93%
Tomillo con 16 semanas de edad	Thymol	25,14	29,86%
	p-Cymene	11,17	15,77%

12, 14 y 16 semanas de edad, se determinó que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$), con respecto a los componentes activos mayoritarios (Timol y p-Cymene), (Tabla 2). Los resultados obtenidos concuerdan con otras investigaciones que reportan al timol como componente mayoritario con un 35,8% de abundancia (Acevedo *et al.*, 2007). El AE presentó actividad antimicrobiana positiva contra *L. monocytogenes* a CMI de 25000 ppm, (Tabla 3).

El efecto antibacteriano se atribuye principalmente a la acción del Timol sobre la membrana celular de la bacteria, sin embargo se resalta que el mecanismo de acción de los aceites esenciales no está claramente determinado (Viuda-Martos, 2012).

Tabla 3. Concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de Tomillo.

Microorganismo	CMI (ppm)		
	AE	SP	BS
<i>L. monocytogenes</i>	25000		

No presentó inhibición de la bacteria; Sorbato de Potasio (SP); Benzoato de Sodio (BS).

CONCLUSIONES

El Tomillo con 14 semanas de edad al corte presenta mayores porcentajes en el rendimiento de extracción del aceite esencial, además de mayor abundancia relativa en los componentes biológicamente activos. El efecto antimicrobiano del aceite esencial del Tomillo sobre *L. monocytogenes* se presenta a concentraciones no menores de 25000ppm.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, A.M., M.I. Castañeda, K.M. Blanco, C.Y. Cardenas, J.A. Reyes, V. Kouznetsov y E. Stashenko. 2007. Composición y capacidad antioxidante de especies aromáticas y medicinales con alto contenido de timol y carvacrol, *Scientia et Technica*, 1(33): 125-128.

Durán, D.C. 2005. Estudio del aceite esencial de *Lippia alba* (Fam Verbenaceae) y de los aspectos fisiológicos en diferentes etapas de su crecimiento bajo tres niveles de luz. Tesis de Grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, p.p 22-25.

García, C., A. Martínez, J.L. Ortega and F. Castro. 2010. Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2): 86-96.

Pirigharnaei, M., S. Zare, R. Heidary, J. Khara and R. EmamaliSabzi. 2012. Determination and comparing of the essential oil components in wild and cultivated populations of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. *Afr. J. Plant Sci*, 6(2), 89-95.

Quezada, A. 2008. Evaluación del Rendimiento de Extracción del aceite esencial crudo de Orégano (*Lippia graveolens*) proveniente de dos zonas de distinta altitud, por medio del método de arrastre de vapor a nivel planta piloto. Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala. 60p.

Sauceda, E.N.R. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1), 153-170.

Solís, P.N. 2012. Evaluación de la Actividad Antimicrobiana de los Aceites Esenciales de Orégano (*Origanum vulgare* L.) y Tomillo (*Thymus vulgaris* L.) como Potenciales Bioconservadores en Carne de Pollo. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 141p.

Viuda Martos, M. 2012. Caracterización y aplicación de aceites esenciales de especias y aguas de lavado obtenidas como coproducto del proceso de obtención de fibra de cítricos como inhibidores naturales en productos cárnicos. Tesis Doctoral, Universidad Miguel Hernández Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Orihuela. 84p.

Evaluación con Nariz Electrónica de la Fermentación en Fase Sólida de *Lactobacillus plantarum* Sobre Polen Apícola

*Evaluation with Electronic Nose of a Solid-State Fermentation of *Lactobacillus plantarum* on Bee Pollen*

Claudia Y. Salazar-González¹; Carlos Zuluaga²; Consuelo Díaz-Moreno³

1 Ingeniera Química, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos (C), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. cysalazarg@unal.edu.co.

2 Ingeniero Químico, PhD Ingeniería – Ingeniería Química (C), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. cmzuluagad@unal.edu.co.

3 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. amcdiazmo@unal.edu.co.
Autor a quien dirigir la correspondencia.

Resumen. La fermentación de polen apícola es un proceso estudiado recientemente para desarrollar un producto similar al pan de abejas obtenido en la colmena. El seguimiento se ha realizado principalmente mediante procedimientos extensos como producción de biomasa, por tanto se proponen métodos más rápidos y no destructivos como la nariz electrónica. El objetivo fue realizar el seguimiento de una fermentación de polen apícola con la bacteria *Lactobacillus plantarum* mediante nariz electrónica, encontrándose un pico de producción aromática en tiempos entre 12 y 24 horas.

Palabras clave: Compuestos aromáticos, análisis de componentes principales.

Abstract. Bee pollen fermentation is a recently studied process to develop a beebread like product obtained in the hive. Tracking is usually performed through extensive procedures such as biomass production. It has been used both faster and non-destructive methods such as electronic nose. The aim was to track a bee pollen fermentation with the bacteria *Lactobacillus plantarum* by electronic nose, finding an aromatic peak production in a range being 12 to 24 hours.

Key words: Aromatic compounds, principal component analysis.

INTRODUCCIÓN

La fermentación en fase sólida de polen apícola es un proceso que ocurre de forma natural en la colmena con el fin de obtener un producto con mayor disponibilidad de nutrientes conocido como pan de abejas (FAO, 2009; Fuenmayor, 2009). Este proceso se ha estudiado recientemente para obtener un producto similar de forma industrial (Fuenmayor, 2009; Vamanu *et al.*, ., 2008a; Vamanu, Popa, Drugulescu y Vamanu, 2004b), realizando el seguimiento mediante parámetros como acidez, pH, producción de biomasa y de productos del metabolismo microbiano (Bellon-Maurel, Orliac y Christen, 2003). Algunos

de estos requieren largos tiempos de análisis, por tanto actualmente se están utilizando otros métodos que impliquen respuestas rápidas y no destructivas y brinden información en tiempo real durante el proceso de fermentación, entre estos está la nariz electrónica (Li, Wu, Li y Dai, 2013; Peris y Escuder-Gilabert, 2013).

La nariz electrónica es un instrumento de olfato artificial que imita el sistema olfativo humano, equipado por tres elementos: sistema de medición, con una técnica de extracción de aroma, que lleva los compuestos volátiles a los sensores electroquímicos que transforman la información en señales eléctricas; un sistema de extracción de los rasgos característicos, mediante la cuantificación y transformación en datos de las señales; y un sistema de reconocimiento de patrones para identificar y clasificar el aroma, que en conjunto busca generar una huella digital del producto analizado (Peris y Escuder-Gilabert, 2009; Quicazán, Díaz y Zuluaga, 2011). Esta metodología se ha utilizado para evaluar procesos de fermentación de vinos, leches, yogur, embutidos, cervecería y pescado (Li *et al.*, ., 2013; Peris *et al.*, ., 2013) encontrando que la nariz electrónica es capaz de diferenciar las distintas etapas de los procesos.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los diferentes estados de una fermentación en fase sólida de polen apícola mediante el uso de nariz electrónica usando la bacteria *Lactobacillus plantarum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Polen. Originario de apiarios, ubicados en la zona de bosque alto-andino (2800 y 3200 msnm). Las muestras de polen apícola seco fueron deshidratadas en un horno de secado con aire caliente a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por 4 horas y se mantuvo a temperatura ambiente hasta la utilización.

Condiciones de proceso. La fermentación fue realizada en frascos de 25g de polen apícola a 35°C durante 72 horas tomando muestras a las 0, 12, 24, 48 y 72 horas. Se utilizó la cepa *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014), con un inóculo de 10⁸ UFC en muestras de polen apícola previamente esterilizado a 121°C durante 15 minutos en la relación polen seco : agua destilada 1:1. Las curvas de tiempo vs. Componentes principales se realizaron por triplicado.

Nariz electrónica. Se pesaron 2 g de las muestras en viales de 15 mm de diámetro y se estabilizó durante 15 minutos a 20°C. Posteriormente se hizo la medición con un flujo de gas en la cámara de 200mL/min y se realizó la medición durante 220 segundos (Zuluaga *et al.*, 2011). El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de componentes principales (PCA) utilizando el software MATLAB®.

en este punto, hay prevalencia de compuestos aromáticos y nitrogenados e hidrocarburos de cadena corta (W1C, W5S y W1S), debido posiblemente a la ruta metabólica seguida por el microorganismo, teniendo en cuenta que es heterofermentativo facultativo: fermenta hexosas a varios productos y pentosas a ácido láctico y acético (Samaniago, 2000). Los sensores W3C, W1W y W3S no tienen relevancia en la diferenciación de las etapas de la fermentación.

En estudios presentados por Li *et al.*, (2013) y Peris *et al.*, (2013) en fermentaciones de pescado y quesos se encuentran diferencias a lo largo del proceso al utilizar nariz electrónica como método de seguimiento, resultados están acordes a lo encontrado en esta investigación.

CONCLUSIÓN

La fermentación en fase sólida genera cambios en los compuestos volátiles del polen apícola a lo largo del proceso,

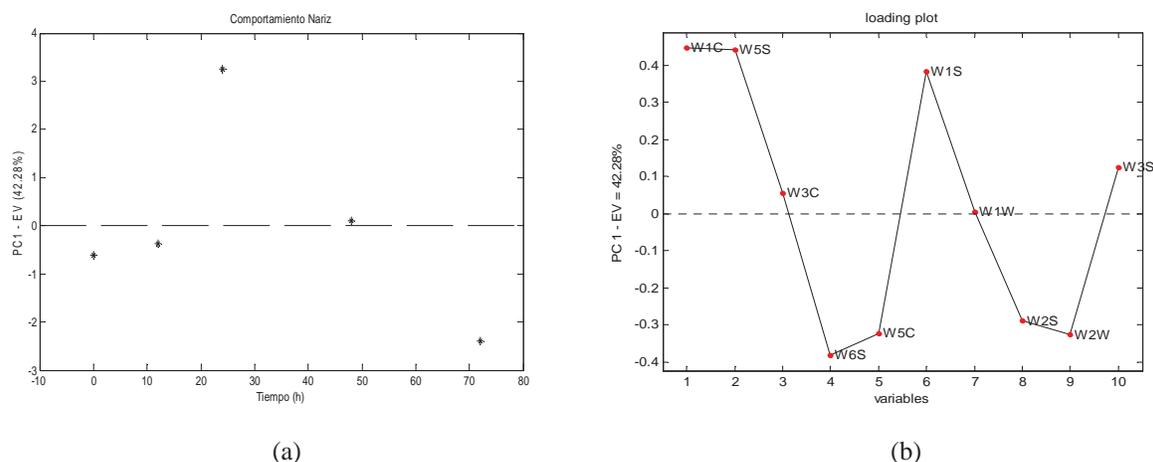


Figura 1. Análisis de componentes principales (PCA) entre los distintos puntos de la fermentación. En (a) se presentan los resultados del *score plot* a lo largo del proceso. En (b) se muestra el *loading plot* del análisis en donde se ubican los sensores de la nariz electrónica (variables).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales (PCA) realizado con las respuestas de los sensores se muestra en la Figura 1. El primer componente explica el 42,3% de la varianza de los datos. Observando la relación con las variables se puede encontrar que en el inicio y fin de la fermentación los sensores con mayor respuesta son los asociados a compuestos aromáticos y alifáticos, azufrados, clorados y alcoholes (sensores W5C, W6S, W2W y W2S). En la Figura también se observa que la mayor tasa de cambio del Componente Principal 1 se encuentra entre las 12 y 24 horas, lo que se puede interpretar como el rango de tiempo de mayor producción de aroma;

lo que permite generar una huella digital, evaluada mediante nariz electrónica: método rápido y no destructivo que permite diferenciar las distintas etapas en el proceso de fermentación, debido que reconoce los compuestos volátiles producidos durante el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está soportada por el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores del año 2012 y al proyecto "Establecimiento de procesos de conservación y transformación de polen apícola para la obtención de alimentos con características funcionales" desarrollado en el

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -ICTA- de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, financiados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias– y al Apiario Los Cerezos, por facilitar material para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bellon-Maurel, V., O. Orliac and P. Christen. 2003. Sensors and measurements in solid state fermentation: a review. *Process Biochemistry* 38(6): 881-896.
- FAO 2009. Value-added Products from Beekeeping. Chapter 3. Pollen Corporate Document Repository, 28.
- Fuenmayor, C. A. 2009. Aplicación de Bioprocesos en Polen de Abejas para el Desarrollo de un Suplemento Nutricional Proteico. Tesis Magister en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 225 p.
- Li, C., J. Wu, Y. Li and Z. Dai. 2013. Identification of the aroma compounds in stinky mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) and comparison of volatiles during fermentation and storage. *International Journal of Food Science & Technology* 48(11): 2429-2437.
- Peris, M. and L. Escuder-Gilabert. 2009. A 21st century technique for food control: Electronic noses. *Analytica Chimica Acta* 638(1): 1-15.
- Peris, M. and L. Escuder-Gilabert. 2013. On-line monitoring of food fermentation processes using electronic noses and electronic tongues: A review. *Analytica Chimica Acta* 804: 29-36.
- Quicazán, M.C., A.C. Díaz y C.M. Zuluaga. 2011. La Nariz Electrónica, una novedosa herramienta para el control de procesos y calidad en la Industria Agroalimentaria. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 18(2): 209-217.
- Samaniego, L.M. 2000. *Lactobacillus* spp.: Importantes promotores de actividad probiótica, antimicrobiana y bioconservadora. Editorial Universitaria, 21.
- Vamanu, A., E. Vamanu, O. Popa, G. Campeanu, R. Albulescu, M. Drugulescu, S. Nita and N. Babeani. 2008a. Obtaining of a Symbiotic Product Based on Lactic Bacteria, Pollen and Honey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11(4): 613-617.
- Vamanu, E., O. Popa, M. Drugulescu and A. Vamanu. 2004b. Probiotic Product Based on Pollen and Honey. *Roumanian Biotechnological letters* 9(4): 1771-1783.
- Zuluaga, C.M., A.C. Díaz y M.C. Quicazán. 2011. Estandarización y validación del método de análisis del perfil aromático por nariz electrónica. *Ingeniería e Investigación* 31(2): 65-73.

Propagación y Enraizamiento In Vitro de Papaya Maradol a Partir de Embriones Cigóticos

In Vitro Propagation and Rooting of Papaya Maradol from Zygotic Embryos

Gilber Vela-Gutiérrez¹, Elizabeth León-Gutiérrez², Oscar Andrés Del Angel-Coronel³, José Luis Cabrera-Ponce², Miguel Ángel Gómez-Lim², Hugo Sergio García-Galindo³

1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

2 Cinvestav – Unidad Irapuato, Guanajuato México.

3 Instituto Tecnológico de Veracruz. M. A. De Quevedo 1779. Formando Hogar, Veracruz, Veracruz, México. E-mail: hugosgg@gmail.com, gilber.vela@unicach.mx

Resumen. El objetivo de la presente investigación fue obtener plantas de papaya Maradol con suficiente cantidad de raíces para ser aclimatadas a invernadero. Se seleccionaron frutos de papaya Maradol inmaduros de Veracruz, México. Se lavaron y desinfectaron con una solución de cloro al 6%, en condiciones de esterilidad se extrajeron embriones cigóticos, se colocaron en medio embriogénico (MemB) e incubaron en oscuridad durante tres meses. Los embriones globulares y torpédicos se subcultivaron por dos meses en MEemb, después se cultivaron en medio G por dos meses, se incubaron a 28°C en fotoperiodo (8h luz y 16h oscuridad) para producir pequeñas plántulas. Para evaluar la producción de raíces se utilizaron medios de cultivo con cuatro diferentes

concentraciones de ácido indol butírico (AIB) (0,5, 1,0, 2,0 y 3,0 mg/L). La embriogénesis somática se logró a los tres meses de incubación. Dos meses de subcultivos en presencia de Kinetina, benzil amino purina (BAP) y fotoperiodo de 8 por 16h fueron requeridos para obtener plantas suficientemente enraizadas en un gradiente descendente de AIB (3mg/L por 48 horas, después subcultivos de dos semanas con 1,0, 0,5 y 0,1 mg/L). La embriogénesis somática in vitro es una herramienta viable para obtener plantas de papaya Maradol con suficiente raíces para su adaptación en invernadero.

Palabras clave: Embriogénesis somática, Carica papaya, ácido indol butírico

Abstract. The objective of this study was to obtain papaya Maradol plants with enough roots to be acclimated to greenhouse. Unripe papaya Maradol fruits from Veracruz Mexico were selected, washed and disinfected with a solution of chlorine to 6%. In sterile conditions zygotic embryos were removed, placed in embryogenic media (MEmb) and incubated in darkness for three months. Globular embryos and torpedics were subcultured for two months into MEmb, then cultured in medium G for two months, incubated at 28°C with photoperiod (8 h of light and 16 h darkness) to produce small plantlets. To assess the production of roots were used culture media with four different concentrations of indol butyric acid (IBA) (0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 mg/L). Somatic embryogenesis was achieved within three months of incubation. Subcultures of two months in presence of kinetin, benzyl amino purine (BAP) and photoperiod of 8 for 16 h were required to obtain plants sufficiently rooted in a descendant gradient of AIB (3 mg/L for 48 h, then subcultured two weeks with 1.0, 0.5 and 0.1 mg/L). Somatic embryogenesis in vitro is a viable option for obtain papaya Maradol plants with enough roots to adapt greenhouse.

Keywords: somatic embryos, *Carica papaya*, indol butyric acid

INTRODUCCIÓN

México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en la producción de papaya, después de Brasil y Nigeria. En el 2011, la producción de papaya en México fue 634,368.99 ton (SIAP, 2012). Los principales estados productores en México son Chiapas (140,721.50 ton), Veracruz (115,056.50 ton) y Oaxaca (113,705.25 ton). El cultivo de embriones ha ayudado al mejoramiento genético de especies arbóreas porque acorta el periodo siembra-floración. Así mismo, ha sido efectivo para acortar el ciclo de mejoramiento de *Iris spp.*, porque acorta el periodo de latencia de las semillas que oscila entre unos pocos meses y varios años; esta latencia se debe algunos inhibidores del crecimiento del embrión presentes en el endosperma, y en la cubierta de la semilla. Por medio del cultivo de embriones, es posible acortar la latencia y producir plántulas para el trasplante a las 2 o 3 semanas. Según Cruz *et al.*, (2008), la manipulación *in vitro* de papaya solo se justifica económicamente si la misma se realiza para un genotipo híbrido. El objetivo del presente trabajo es obtener una línea embriogénica para producir plantas de papaya Maradol *in vitro* con suficiente cantidad de raíces para su eficiente adaptación a invernadero, esta investigación forma parte del proyecto "Generación de plantas de papaya Maradol modificadas genéticamente para producir frutos con mayor vida útil" que se desarrolla actualmente en el Instituto Tecnológico de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos inmaduros de papaya Maradol procedentes de Veracruz México se seleccionaron, lavaron y desinfectaron con una solución de cloro comercial (clorox®) al 6%. En condiciones estériles se extrajeron las semillas, y se almacenaron a 4°C. Las semillas se desinfectaron con etanol al 96% durante 5 minutos, y con una solución de clorox® al 20% por 20 minutos. En condiciones asépticas se disectaron para obtener embriones cigóticos. Éstos se cultivaron en placas que contenían medio para inducción de callos embriogénicos (Memb) (Murashige and Skoog (MS) con vitaminas, suplementado con 0,4 g/L de glutamina, 1 mg/L de 2,4-D (2,4- ácido dicloro fenoxiacético), 6% de sacarosa, pH de 5,8, agar 8 g/L), se mantuvieron en obscuridad a 26±1°C durante tres meses. Los embriones somáticos se transfirieron a medio G (MS suplementado con 30 g/L de sacarosa, 0,5 mg/L de Kinetina y 1 mg/L de benzil amino purina (BAP), pH 5,8 y 4g/L de gelrite®) por 4 a 6 semanas para producir pequeñas plántulas; éstas se transfirieron a pequeños frascos de vidrio con medio G por dos meses para elongar el tallo y facilitar el crecimiento. Para el enraizamiento se utilizó medio MS (50% de su fuerza) adicionado con sacarosa (30g/L), ácido indol butírico (AIB) en cuatro concentraciones: T1 (0,5), T2 (1,0), T3 (2,0) y T4 (3,0 mg/L), pH 5,8 y gelrite® (4g/L). De cada planta expuesta a los diferentes tratamientos, se midió el número de raíces y su longitud, comparándose entre ellas (ANOVA ($p < 0,05$), utilizando el software Minitab® v.14.0 para windows).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los embriones globulares (Fig. 1D) se obtuvieron de cigotos de frutos inmaduros después de dos meses de subcultivo en MEmb (Figs. 1A, B y C). Resultados concordantes publicaron Cai *et al.*, (1999), ellos indujeron la formación de embriones globulares, de corazón y tórpedos después de cuatro semanas de cultivar cigotos en medio de inducción. Los embriones eran de color amarillo y consistencia frágil que exudaban un líquido claro y denso (Fig. 1D). La cantidad de embriones se incrementa conforme es transferido a medios frescos con 2,4-D, induciendo sucesivas fases embriogénicas. Los mejores resultados obtenidos en la formación de callos embriogénicos y somáticos se alcanzaron al utilizar 10 mgL⁻¹ de 2,4-D. Resultados similares reportaron Gutiérrez-Rosati *et al.*, (1999) al estudiar embriogénesis somática de "papayo" (*Carica papaya Linnaeus*) variedad PT-101-B. En la figura 1D, se pueden observar embriones en estadio globular, y muy pocos en fase de corazón y torpédos. El 2,4-D estimula la síntesis de otras auxinas como el ácido indol acético (AIA) en células de zanahoria (*Daucus carota* L) (Quintana, 2009). Después de

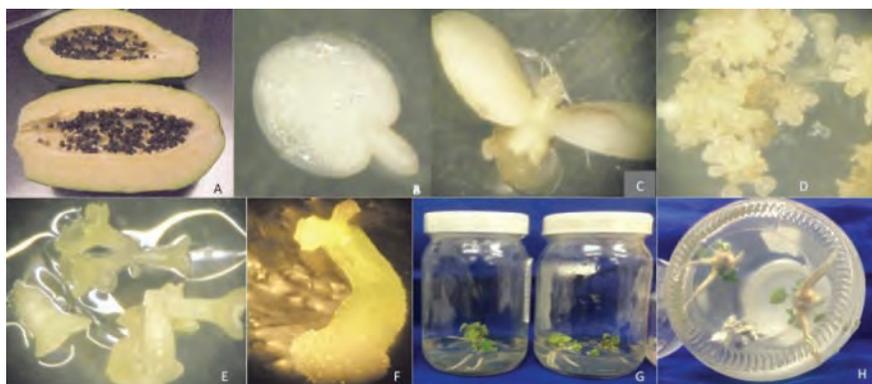


Figura 1. A: Frutos inmaduros de papaya Maradol. B: Embrión cigótico recién obtenido de la semilla. C: Embrión cigótico con cotiledones abiertos dos semanas de cultivo en MEmb en condiciones de oscuridad. D: Embriones en estadio globular de corazón y algunos torpedos. E y F: pequeñas plántulas cultivadas en medio G a dos y tres semanas respectivamente. G y H: Plantas cultivadas en medio de enraizamiento con gradiente descendente.

cuatro semanas de cultivar embriones maduros en medio G se observaron pequeñas plántulas de 0,5 a 1,0 cm de longitud (fig. 1E). Cuatro semanas después se obtuvieron pequeñas plantas de 2 cm de longitud (fig. 1F), provistas de una a dos pequeñas hojas verdes. Respecto a los medios de enraizamiento (T1, T2, T3 y T4), se observó suficiente generación de raíces en T3 y T4, 2,0 y 3,0 mg/L de AIB respectivamente; pero se presentó senescencia después de 12 a 15 días en el medio; el resto de los medios de cultivo indujeron la formación de raíces pero sin elongación. Por lo anterior, se expusieron las plántulas a medios de cultivo con gradiente de AIB (3mg/L por 48 horas, después subcultivos de un mes con 1,0, 0,5 y 0,1 mg/L). Lográndose de esa manera la inducción hasta de 4 raíces pivotantes y radicales por planta, así como la elongación de éstas a 3,5 cm; sin evidenciar senescencia (figura 1G y H). La inducción y formación de raíces del T4 es estadísticamente mayor que el resto de los tratamientos ($p < 0,05$). Islam, *et al.*, (1993), indican que la formación de raíces ocurre cuando se añade al medio de cultivo de 0.1 a 1 mg/L de IBA o ANA, y que los brotes son más propensos al enraizamiento cuando se incrementan los subcultivos. Los mismos autores, reportaron mayor enraizamiento al agregar 1 mg/L de IBA en propagación clonal *in vitro* de papaya (*Carica papaya* L.). Datos reportados por Saker *et al.*, (1999), indicaron que la adición de IBA en concentración de 2 mg/L presentó mayor efecto en la formación de raíces (75%), así como mayor longitud (3,15 cm) de estas, sin formación de callos; al evaluar el efecto de la concentración de la hormona en la inducción de raíces en embriones de papaya.

CONCLUSIONES

El sistema de embriogénesis somática utilizado (técnica y medios de cultivos), permitió obtener sin contaminación alguna embriones globulares principalmente y torpédicos de cigotos provenientes de frutos inmaduros. Se logró a la cuarta semana la regeneración de plántulas de los embriones subcultivados

por cuatro meses. La exposición a un gradiente en disminución de AIB (3mg/L por 48 horas, después subcultivos de un mes con 1,0; 0,5 y 0,1 mg/L) permitió el enraizamiento eficiente de las plántulas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cai, W., C. Gonsalves, P. Tennant, G. Fermin, M. Souza, N. Sarindu, F.J. Jan, H.Y. Zhu, and D. Gonsalves, 1999. A protocol for efficient transformation and regeneration of *Carica papaya* L. *In Vitro Cell Dev. Biol. Plant.* 35:61-69
- Cruz, M., A.L. Darías, D. Cabrera, A. Pérez, M. Cruz-Martín, T. Pichardo, R.G. Kosky y O. Portal, 2008. Enraizamiento y aclimatización de plantas transgénicas de papaya var. Maradol roja. *Biotechnología Vegetal.* 8(1):35-41.
- Gutiérrez-Rosati, A., C. Jiménez y J. Yezpez, 1999. Embriogénesis somática en papayo (*Carica papaya* L.) variedad PT-101-B. En: <http://www.lamolina.edu.pe/cirgebb/papayo%20embriogenesis%201999.pdf> 10p. Consulta: noviembre 2012.
- Islam, R., S.M. Rahman, M. Hossain, and O.I. Joarder, 1993. *In Vitro* clonal propagation of papaya (*Carica papaya* L.). *Pak. J. Bot.* 25:189-192.
- Quintana, S.M.E. 2009. Genetic transformation of onion (*Allium cepa* L.) through biolistics. Doctor of Science Dissertation. Colegio de Posgraduados. Mexico. 81p.
- Saker, M.M., S.A. Bekheet, H.S. Taha, and A.A. Reda, 1999. *In vitro* propagation of papaya (*Carica papaya* L.). Plant Cell and Tissue Culture Dept. NRC. Cairo, Egypt.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Producción agrícola de papaya (ciclo 2011). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. Consulta: Octubre de 2012.

Protocolo para la Desinfección y Regeneración Eficiente de Chayote In Vitro (*Sechium edule Jacq. Sw.*)

Chayote (Sechium edule Jacq. Sw.) Efficient Disinfection Protocol and in vitro Regeneration

Oscar A. Del Ángel-Coronel^{1,2}; Gilber Vela-Gutiérrez^{1,3}; Elizabeth León-García¹; Araceli Rodríguez-Sahagún⁴; Osvaldo A. Castellanos-Hernández⁴; Miguel A. Gómez-Lim⁵; Hugo S. García-Galindo¹.

- 1 Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779. C.P. 91897. Veracruz, México. hugosgg@gmail.com
- 2 Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Pte. No. 100 Col. Reserva Territorial. C.P. 94100. Huatusco, Veracruz, México. oscarangel.coronel@hotmail.com
- 3 Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Lib. Nte. Pte. No. 1150, Ciudad Universitaria. Col. Lajas Maciel. C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. gilber.vela@unicach.mx
- 4 Centro Universitario de la Ciénega. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad No. 1115. Col. Lindavista. C.P. 47820. Ocotlán, Jalisco, México. aracelics@gmail.com
- 5 Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato. Km. 9.6 Lib. Nte. Carretera León. C.P. 36821. Irapuato, Guanajuato, México.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de un protocolo eficiente para la desinfección y regeneración de yemas y germinación de semillas de chayote in vitro usando como agente desinfectante hipoclorito de sodio. Se determinó que una concentración total de 1,2% de cloro activo provee una esterilización completa de explantes en pocos minutos con muy altos porcentajes de plantas vivas después del tratamiento de asepsia (73,7% en yemas y 90% en semillas). Posteriormente todas las yemas y semillas fueron regeneradas eficientemente en el medio de cultivo de Murashigie y Skoog (MS) con y sin reguladores de crecimiento.

Palabras clave: Tratamientos de asepsia, hipoclorito de sodio, regeneración de yemas y semillas.

Abstract. The aim of this work was to generate a protocol for the preparation and disinfection of chayote seeds and buds with sodium hypochlorite, as well as evaluate the germination or regeneration percentage for in vitro culture. We defined that a total active chlorine concentration of 1.2% provided complete sterilization of the explants in a few minutes, with high percentages of survival and regenerated plants after aseptic treatment of buds (ca. 73.7%) and seeds (ca. 90%). All buds and complete seeds were regenerated efficiently in MS culture media with or without plant growth regulators after the disinfection treatment.

Key words: Sterilization treatment, sodium hypochlorite, buds and seeds regeneration.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial México es el principal exportador de chayote, y el estado de Veracruz es el mayor productor del país contribuyendo con más del 80% de su producción (MBW

2012). Son pocos los estudios que existen sobre este cultivo tanto en México como en el mundo, y una de las áreas que se ha explorado pobremente en esta especie es la propagación *in vitro* para la obtención de clones con atributos deseables para la comercialización. En este sentido, Somarribas *et al.*, . (1991), Abdelnour *et al.*, . (2002) y Abdelnour *et al.*, . (2006) son los únicos que han reportado hasta el momento la propagación *in vitro* de *Sechium edule*, así como el efecto de tratamientos de desinfección. En este último caso sus resultados no son muy satisfactorios ya que reportan porcentajes de contaminación que oscilan desde 51% hasta 85%, así como abundante formación de callo en todos sus tratamientos. Por lo que el paso inicial y aparentemente básico para obtener explantes viables y totalmente axénicos ha probado ser uno de los obstáculos más difíciles en el establecimiento *in vitro* del cultivo de chayote, debido a esto, el objetivo del presente estudio fue desarrollar un protocolo de desinfección de explantes de chayote que puedan ser regenerados eficientemente mediante cultivo *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal consistió de plántulas de un mes de edad con cuatro a seis yemas, así como semillas completas, maduras y sin daños de frutos cosechados entre los 18 y 22 días después de antesis. La solución de desinfección se determinó *a priori* usando 1,2% de hipoclorito de sodio -NaOCl- (20% de cloro comercial aprox.), 0,1% de Tween 20^{MR} y 79,9% de agua destilada desionizada estéril (DDE). Todos los explantes fueron evaluados en esta solución usando tres tiempos de exposición (5, 15, y 25 minutos). Los frutos de chayote fueron lavados y disectados bajo condiciones asépticas hasta obtener

48 semillas desnudas libres de daños, y 48 más incluyendo la testa y el mesocarpio, agrupados en tres bloques de 16 semillas cada uno, con o sin aplicación de vacío (600 mmHg) y agitación constante a 100 rpm. La unidad experimental fue de una semilla. Las semillas extraídas fueron sumergidas en etanol (70%) por tres minutos y luego en la solución de desinfección. Después del tratamiento, las semillas se lavaron tres veces con agua DDE bajo condiciones axénicas en campana de flujo laminar horizontal y luego fueron colocadas en frascos con 50 mL de medio basal-sales de Murashigie y Skoog (MS) con vitaminas, complementado con 3% de sacarosa y 0,25% de Phytage^{MR}- e incubadas por dos semanas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ con 16 h de fotoperiodo para observar el porcentaje de germinación de semillas. Para la desinfección de yemas, la unidad experimental fue de una plántula. En total se usaron 33 plántulas agrupadas en tres bloques de 11 unidades cada uno, a los cuales se les asignó un tiempo de exposición a la solución desinfectante. Este mismo arreglo se aplicó para el tratamiento de vacío. Las yemas de cada plántula fueron disectadas a una distancia de cinco milímetros arriba y debajo del entrenudo y desinfectadas de manera similar a las semillas. Después se colocaron en cajas Petri (100x15 mm) con 20 mL de medio basal MS con o sin hormonas BAP ($0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y se incubaron por dos semanas bajo las mismas condiciones señaladas arriba. El experimento se ajustó a un diseño en bloques al azar y los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan a $P \leq 0,05$, con ayuda del programa estadístico de cómputo SAS V.8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La desinfección de semillas desnudas no mostró ningún tipo de contaminación en ninguno de los tratamientos, no obstante el porcentaje de germinación fue muy bajo (0,4% y 10% con y sin vacío respectivamente). Este problema fue atribuido al hipoclorito de sodio, ya que la acumulación de especies reactivas del oxígeno causan un estrés oxidativo (Benson, 2000), y aunque el NaOCl es recomendado para la desinfección puede ser tóxico para los explantes debido a que éstos retienen suficientes cantidades del reactivo, aun después de varios lavados con agua, como para interferir con la germinación y/o regeneración, siendo absorbido por el tejido e induciendo la decarboxilación de ácidos orgánicos, tales como aminoácidos, vitamina C, compuestos fenólicos, flavonoides y AIA. Este efecto está relacionado con la duración del tratamiento de asepsia y el contenido de materia orgánica, más que con la concentración del NaOCl en sí misma (Abdelnour *et al.*, 2002; Kaneko y Morohashi, 2003; López-Galvez *et al.*, 2010; Sugii, 2011). Para evitar esto se aplicó el mismo

tratamiento a semillas cubiertas con la testa y una porción de mesocarpio. Después de dos semanas los resultados fueron muy favorables con un 90% de germinación de semillas *in vitro* y sin síntomas de blanqueo, ni toxicidad. Aunque no hubo diferencias entre la aplicación de vacío ni en la duración del tratamiento, recomendamos un tiempo de desinfección de 15 minutos sin vacío. Ningún estudio hasta el momento ha reportado valores similares, así como el protocolo para desinfección de chayote presentado aquí. De manera adicional, se exploró si la adición de reguladores de crecimiento (BAP = $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en el medio basal era necesaria después del tratamiento de desinfección, pero no lograron obtenerse diferencias significativas con la adición del regulador. Para la desinfección de yemas el experimento se corrió usando las mismas condiciones empleadas para semillas. Los resultados mostraron que el tratamiento con el menor tiempo de exposición (5 min.) permitió obtener un mayor número de yemas sin efectos de blanqueo (73,7%) y completamente activas, superando a lo señalados previamente por Somarribas *et al.*, (1991) y Abdelnour *et al.*, (2006) quienes reportan un 49% como el valor más alto de supervivencia y regeneración usando hipoclorito de calcio (4%) por seis minutos.

CONCLUSIONES

La concentración de hipoclorito de sodio al 1,2% sin aplicación de vacío, resultó ser conveniente para la desinfección de yemas y semillas de chayote. El protocolo de desinfección presentado aquí permite obtener explantes asépticos de chayote *in vitro* que pueden regenerar sin el uso de hormonas vegetales por lo que puede ser aplicado en forma segura, eficiente y económica, en el cultivo de tejidos o ensayos de ingeniería genética en chayote.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a PROMEP por el financiamiento brindado para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdelnour, A., C. Ramírez y F. Engelmann. 2002. Micropropagación del chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) a partir de brotes vegetativos. *Agron Mesoam* 13:147-151.
- Abdelnour-Esquivel, A., L.C. Bermudes, S. Alvarenga y C. Rivera. 2006. Cultivo de meristemos, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) para la erradicación del virus mosaico del chayote (ChMV). *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 77:17-23.
- Benson, E.E. 2000. Special symposium: *In vitro* plant recalcitrance do free radicals have a role in plant tissue culture recalcitrance *In Vitro Cell Dev Biol – Planta* 36:163-170.

Kaneko, Y. and Y. Morhashi. 2003. The effect of sodium hypochlorite treatment on the development of α -amylase activity in mung bean cotyledons. *Plant Sci* 164:287-292.

López-Gálvez, F., A. Allende, P. Truchado, A. Martínez-Sánchez, J.A. Tudela, M.V. Selma and M.I. Gil. 2010. Suitability of aqueous chlorine dioxide versus sodium hypochlorite as an effective sanitizer for preserving quality of fresh-cut lettuce while avoiding by product formation. *Postharvest Biol and Technol* 55:53-60. doi: 10.1016/j.postharvbio.2009.08.001

MBW. 2012. México lidera producción de nopal y chayote. En: Mexican Bussines Web Newsletter. En: <http://www.mexicanbusinessweb.mx/sectores-productivos-de-mexico/agropecuario/mexico-lidera-produccion-de-nopal-y-chayote/>. 1 p.; consulta: octubre 2012.

Somarribas, G., J. Sandoval y L. Müller. 1991. Propagación vegetativa *in vitro* de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). Fase de establecimiento. *Turrialba* 41(4):538-544.

Sugii, N.C. 2011. The establishment of axenic seed and embryo cultures of endangered Hawaiian plant species: special review of disinfestations protocols. *In Vitro Cell Dev Biol – Plant* 47:157-169. doi: 10.1007/s11627-010-9324-5

Influencia de Esterilización y Fermentación en Fase Sólida sobre las Propiedades Antioxidantes de Polen Apícola

Influence of Sterilization and Solid-State Fermentation on the Antioxidant Properties of Bee Pollen

Claudia Y. Salazar-González¹, Carlos A. Céspedes², Consuelo Díaz-Moreno³

1 Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos (C) - Ingeniera Química, Universidad Nacional de Colombia, cysalazarg@unal.edu.co.

2 Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia, cacespedesz@unal.edu.co.

3 Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, amcdiazmo@unal.edu.co.

Autor a quien dirigir la correspondencia

Resumen. El polen apícola es considerado un alimento, debido a las características nutricionales, bioactivas y antioxidantes que posee. Así mismo es un buen sustrato para procesos de fermentación en fase sólida previo acondicionamiento para la reducción de la carga microbiana inicial. Se realizó el bioproceso evaluando el cambio en la actividad antioxidante utilizando los métodos de TEAC y FRAP, el contenido de fenoles y carotenoides totales durante 72 horas, encontrando un aumento aproximado del 40% en la actividad antioxidante total y 20% en el contenido de carotenoides totales, mientras que el contenido de fenoles totales disminuyó con el tratamiento de acondicionamiento (121°C por 15 minutos); sin embargo el proceso de fermentación no generó cambios estadísticamente significativos ($p > 0,05$) en las propiedades antioxidantes.

Palabras clave: compuestos fenólicos, carotenoides, TEAC, FRAP.

Abstract. Bee-pollen is considered as food due to its nutritional, bioactive and antioxidant characteristics. It is also a good substrate for solid-state fermentation processes after completion of a conditioning due to microbial growing. Bioprocess was performed evaluating

the change in the antioxidant activity using FRAP and TEAC methods, phenol content and total carotenoids for 72 hours, finding an approximate 40% increase in total antioxidant activity and 52% of the carotenoid content total, while the total phenol content decreased with conditioning treatment (121 ° C for 15 minutes). The fermentation process produces no statistically significant changes ($p > 0.05$).

Keywords: phenolic compounds, carotenoids, TEAC, FRAP.

INTRODUCCIÓN

El polen se caracteriza por ser una multitud de cuerpos generalmente esféricos, unidades reproductoras masculinas de la planta, que son recolectados por las abejas y mediante la adición de secreciones salivares y néctar se denomina polen apícola (Campos *et al.*, ., 2008). Tiene un contenido importante de nutrientes como proteínas, carbohidratos, lípidos, micronutrientes, compuestos bioactivos y antioxidantes como polifenoles, carotenoides (principalmente β -caroteno) y flavonoides (flavonas, isoflavonas, flavonoles, antocianinas) (Del Risco 2004; Campos *et al.*, ., 2008), yes considerado un alimento funcional.

La fermentación en fase sólida de polen apícola es un proceso que busca generar valor agregado mediante la obtención de un producto con características similares al pan de abejas (Vamanu *et al.*, ., 2008; Fuenmayor 2009), es decir, polen fermentado de forma natural al interior de la colmena (Del Risco, 2004), con el fin de aumentar la disponibilidad de los nutrientes provenientes del polen; sin embargo es necesario realizar previamente procesos de limpieza y acondicionamiento por la carga microbiana inicial del polen.

El objetivo de este trabajo fue determinar el cambio en las propiedades antioxidantes de polen apícola después de un proceso de esterilización y fermentación en fase sólida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Polen: originario de apiarios, ubicados en la zona de bosque altoandino (2800 y 3200 msnm). Las muestras de polen apícola seco fueron obtenidas en un horno de secado con aire caliente a 60°C ± 5°C por 4 horas y se mantuvo a temperatura ambiente hasta su inclusión en el proceso.

Condiciones de proceso: la fermentación fue realizada a 35°C durante 72 horas tomando muestras a 0, 12, 24, 48 y 72 horas. Se utilizó la cepa *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014) en muestras de polen apícola previamente esterilizado a 121°C durante 15 minutos en la relación polen seco:agua destilada 1:1. Las fermentaciones se realizaron por triplicado.

Propiedades antioxidantes: se evaluaron en extractos etanólicos de las muestras. Se determinaron los fenoles totales por el método Folin-Ciocalteu, siguiendo la metodología de Stratil (Stratil *et al.*, ., 2006) con algunas modificaciones; la actividad antioxidante mediante TEAC, por la decoloración del radical ABTS•+, siguiendo la metodología propuesta por Baltrušaityt *et al.*, ., (2007) con algunas modificaciones; FRAP, por la reducción del hierro en el compuesto TPTZ, siguiendo la metodología propuesta por LeBlanc *et al.*, ., (2009) con algunas modificaciones y carotenoides totales, siguiendo metodología de Rodríguez-Amaya y Kimura, (2004) con algunas modificaciones.

Análisis estadístico: los resultados se analizaron mediante un análisis de estadística descriptiva utilizando Excel®, seguido de un análisis de varianza – ANOVA y la prueba de Tukey como método de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95% mediante el uso del software MATLAB®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las características antioxidantes obtenidas se presentan en la Tabla 1, encontrándose diferencias significativas entre la esterilización y la fermentación para la actividad antioxidante

por FRAP y fenoles totales. La capacidad antioxidante por TEAC presenta diferencias antes y después del tratamiento térmico debido posiblemente a productos de la reacción de Maillard generados en el calentamiento, que contribuyen con el potencial antioxidante de los alimentos (Yilmaz y Toledo 2005; Zilic, *et al.*, ., 2014). Otro factor que puede inducir este aumento es la relación de polen: agua utilizada, debido a que en matrices hidrofílicas los productos de Maillard presentan una mayor actividad antioxidante (Yilmaz y Toledo 2005). Los fenoles totales disminuyen levemente, esto puede ser debido a la estructura morfológica que protege el grano, que evita que ciertos compuestos sufran degradación térmica (Zilic *et al.*, ., 2014). La fermentación no presenta diferencias significativas a lo largo del proceso.

Tabla 1. Características antioxidantes de polen apícola en procesos de esterilización y fermentación.

Muestra	TEAC (mM Trolox/g polen)	FRAP (mM Trolox/g polen)	Fenoles totales (mg a. Gálico/g polen)	Carotenoides (mg β-caroteno/kg polen)
Antes TT	0,041±0,002 a	0,052±0,004 a	16,28±2,21 a	2149±122 a
Después TT	0,055±0,003 b	0,055±0,001 a	16,14±0,91 a	
Fermentación inicio	0,057±0,005 b	0,070±0,006 b	6,35±0,65 b	2344±162 a
Fermentación 12h	0,053±0,004 b	0,068±0,004 b	6,31±0,67 b	2582±197 a
Fermentación 24h	0,057±0,004 b	0,073±0,007 b	6,98±0,58 b	2253±24 a
Fermentación 48h	0,053±0,002 b	0,070±0,004 b	5,90±0,50 b	2258±10 a
Fermentación 72h	0,058±0,007 b	0,066±0,002 b	6,35±0,30 b	2479±209 a

Resultados en base seca. Letras distintas en una misma columna para cada tratamiento indica diferencias significativas, con un nivel de confianza de 95%. En esta investigación se observó que los valores para TEAC, FRAP y carotenoides totales aumentaron en 42, 35 y 20%, respectivamente generados por la esterilización.

Algunos investigadores han trabajado en fermentación de polen apícola, encontrando que la actividad antioxidante aumenta después de 7 días de proceso (Vamanu *et al.*, . 2010), contradiciendo lo observado en este trabajo, donde se observó que el proceso mantiene constante la actividad antioxidante.

CONCLUSIÓN

El polen apícola sometido a esterilización aumenta su capacidad antioxidante total, mientras que en la fermentación en fase sólida esta actividad se mantiene, indicando que el proceso térmico realizado favorece la producción o liberación de compuestos antioxidantes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está soportada por el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores del año 2012 y al proyecto “Establecimiento de procesos de conservación y transformación de polen apícola para la obtención de alimentos con características funcionales” desarrollado en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -ICTA- de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, financiados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias– y al Apiario Los Cerezos, por facilitar material para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Baltrušaitytė, V., P.R. Venskutonis and V. Čeksterytė. 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry* 101(2): 502-514.
- Campos, M., S. Bogdanov, L. Muradian, T. Szczesna, Y. Mancebo, C. Frigerio and F. Ferreira. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2): 156-163.
- Del Risco, R., Carlos Alberto. 2004. Polen-Pan de Abejas: Composición, Nutrición, Acción en la Salud Humana y Microbiología. 13.
- Fuenmayor, C.A. 2009. Aplicación de Bioprocesos en Polen de Abejas para el Desarrollo de un Suplemento Nutricional Proteico. Tesis Magister en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 225.
- LeBlanc, B.W., O.K. Davis, S. Boue, A. DeLucca and T. Deeby. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry* 115 (4): 1299-1305.
- Rodriguez-Amaya, D.B. and M. Kimura 2004. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. HarvestPlus Technical Monograph 2. Washington, D.C-USA and Cali-Colombia.
- Stratil, P., B. Klejdus and V. Kubáň 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables - evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of agricultural and food chemistry*. 54(3): 607-616.
- Vamanu, A., E. Vamanu, O. Popa, G. Câmpeanu, R. Albulescu, M. Drugulescu, S. Niță, N. Băbeani. 2008. Obtaining of a Symbiotic Product Based on Lactic Bacteria, Pollen and Honey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11(4): 613-617.
- Vamanu, E., A. Vamanu, O. Popa and N. Băbeanu. 2010. The Antioxidant Effect of a Functional Product Based on Probiotic Biomass, Pollen and Honey. *Animal Science and Biotechnologies* 43(1): 6.
- Yilmaz, Y. and R. Toledo. 2005. Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chemistry* 93 (2): 273-278.
- Zilic, S., B.A. Mogol, G. Akilloğlu, A. Serpen, N. Delić and V. Gökmen. 2014. Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(1): 45-51.

Determinación de la Fibra Dietaria Extraída de la Cidra (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)

Determination of Dietary Fiber Extracted from the (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)

Francisco Fernei Obando M¹; Clara María Mejía Doria² y Alba Lucia Duque Cifuentes²

1 Estudiante de Química. Universidad del Quindío. Grupo de Investigación de Agroindustria de Frutas Tropicales. fobandom@uqvirtual.edu.co

2 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Química, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. albdunque@uniquindio.edu.co

2 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Humanas, Programa de Química, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. cmmejia@uniquindio.edu.co

Resumen. La extracción de fibras a partir de coproductos y residuos de origen vegetal representan una alternativa tanto para un manejo adecuado de los desechos sólidos, reducción de los niveles de emisión y la disminución de la degradación

del medio ambiente, como para la obtención de nuevas fuentes de fibra dietaria con características únicas. El objetivo de esta investigación fue la caracterización de la fibra dietaria extraída de la corteza y la pulpa de la cidra. Se determinaron

los parámetros analíticos °Brix, humedad, extracto etéreo, proteína, fibra cruda y cenizas a la corteza y la pulpa de la cidra fresca. Se identificó el contenido de fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble para la corteza y la pulpa. Los resultados obtenidos mostraron un mayor contenido de fibra dietaria total en la corteza ($61,9 \pm 2,15$) que en la pulpa, debido a su composición y una relación de FDI/FDS de 4,189:1 para la corteza y de 3,099:1 para la pulpa, siendo la cidra una buena fuente de fibra dietaria insoluble.

Palabras clave: Extracción, fracción soluble e insoluble, pulpa, corteza.

Abstract. Extracting fibers from co-products and plant residues represent an alternative for proper handling management of solid wastes, reduction of emission levels and decreased degradation of the environment, and to obtain new sources of dietary fiber with only ones characteristics. The objective of this investigation was to characterize dietary fiber extracted from the rind and pulp of citron. Analytical parameters °brix, moisture, ether extract, protein, crude fiber and ash rind and pulp of fresh cider were determined. The content of total dietary fiber, soluble, and insoluble to the rind and the pulp fractions are identified. The results showed a higher content of total dietary fiber in the rind (61.9 ± 2.15) than in the pulp, due to its composition and a ratio of FDI / FDS of 4,189:1 to the rind and 3,099:1 for pulp.

Key words: Extraction, soluble and insoluble fraction, pulp, rind.

INTRODUCCIÓN

El término fibra dietaria, tiene diferentes significados en el ámbito de la nutrición. No es una referencia precisa a un componente químico o componentes de la dieta, pero es esencialmente un concepto fisiológico que parte de la definición original de Trowel en 1972: "La proporción de los alimentos que se deriva de las paredes celulares de las plantas que es muy mal digerida por los seres humanos" (Cummings and Stephen, 2007). Las fibras procedentes de legumbres y de frutas aunque menos estudiadas son consideradas en general como de mejor calidad nutricional y tecnológica. Los suplementos de fibra usados en alimentos provienen principalmente del procesamiento de afrecho de trigo, orujo de manzana, pulpa de remolacha azucarera o de productos texturizados como la carragenina (Femenia *et al.*, ., 1997). Existe una clara tendencia en estudiar materias primas no utilizadas en alimentación humana tipo residuos y/o subproductos agroalimentarios como fuentes nuevas para la obtención de fibras dietarias (Perez-Hidalgo *et al.*, ., 1997). El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de fibra dietaria total y el de las fracciones soluble e insoluble de la corteza y de la pulpa de la Cidra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. La cidra se recolectó en la finca el Saman Km 1 vía la Tebaida-Pueblo Tapao vereda Padilla municipio de la Tebaida, Quindío. Se trabajó con la especie *Sechium edule* (Jacq.) Sw, con características similares de color, textura y tamaño, sin daño mecánico aparente. Las frutas seleccionadas fueron lavadas y peladas. La pulpa se pasó por un cortador obteniéndose cuadritos de 1,2 cm³ y la corteza se cortó en tiras de aproximadamente 3 cm de longitud. Las muestras fueron secadas en horno convectivo a 40°C y molidas. Las muestras fueron puestas en bolsas de polietileno y almacenadas a temperatura ambiente.

Métodos analíticos. Los análisis de °Brix, contenido de humedad, extracto etéreo, proteína, fibra cruda y cenizas se realizaron por triplicado, tanto a la corteza como a la pulpa. Se emplearon las normas AOAC 932.12, 934.06, 960.52, 978.10 y 945.46.

Extracción de la FDT. La extracción de la fibra dietaria total de la corteza y la pulpa de la cidra se realizó siguiendo el protocolo del estuche comercial TDF-100A de Sigma y el método AOAC 991.43.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la caracterización físico-química de la pulpa y la corteza de la cidra (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.).

Tabla 1. Características físico-químicas de la corteza y la pulpa de la cidra (*Sechium edule* (Jacq.))

Parámetro	Valor		Unidades
	Pulpa	Corteza	
Humedad	93,94 ± 0,830	86,35 ± 3,01	g/100g B.H.
Extracto etéreo	0,430 ± 0,008	0,064 ± 0,002	g/100g B.S.
Proteína cruda	6,999 ± 0,921	12,707 ± 0,180	g/100g B.S.
Cenizas	6,03 ± 0,930	7,59 ± 1,099	g/100g B.S.
Fibra cruda	5,546 ± 0,790	35,003 ± 0,181	g/100g B.S.
°brix	4,022 ± 0,0629	4,767 ± 0,531	g/100g B.H.

n = 3. Fuente: los autores

Se observa que el contenido de humedad es mayor en la pulpa que en la corteza, debido a que durante la maduración se hidroliza el almidón y se presenta un movimiento osmótico de agua desde la corteza hacia la pulpa. La corteza funciona como regulador de las condiciones ambientales y protege a la pulpa contra daños físicos y la desecación. El alto contenido

de fibra cruda en la corteza se debe a su composición, la cual posee una mayor fracción de celulosa, hemicelulosa y lignina, variando de acuerdo al tipo de material vegetal y a la edad de éste.

En la Tabla 2 se observa el contenido de fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble de la corteza y la pulpa de la cidra (*Sechium edule*).

Tabla 2. Contenido de fibra dietaria (g/g de muestra) de la pulpa y la corteza de la cidra seca.

Parte fruto de cidra	Fibra dietaria			Relación FDI/FDS
	Total	Soluble	Insoluble	
Corteza	0,639±0,020	0,020±0,001	0,619±0,021	4,189:1
Pulpa	0,206±0,005	0,039±0,005	0,166±0,004	3,099:1

FDS: Fibra dietaria soluble

FDI: Fibra dietaria insoluble n = 4.

Fuente: los autores

El contenido de FDT y la relación FDI/FDS se ve influenciada por el grado de madurez, especie y parte de la planta de que se trate. Comparando el aporte de fibra dietaria total entre la pulpa y la corteza de la cidra seca y algunas verduras como acelga, pimentón, zanahoria y zapallo, el contenido presente en éstas, en base seca, es superior (Pak, 2000). El contenido de FDT de la corteza ($61,9 \pm 2,15$) comparado con el de la pulpa ($16,65 \pm 0,38$) es mayor y se encuentra en el rango de los 41-72% de los valores reportados en residuos deshidratados de frutas tales como: coco (63,2%), limón (60,1- 68,3%), mango (71,5%), manzana (60,7 y 89,8%), naranja (64,3%), piña (85,2%) y toronja (44,2 y 62,6%) (Larrauri *et al.*, . 1996; Fernández *et al.*, ., 2006; Flórez *et al.*, ., 2006; Raghavendra *et al.*, ., 2006; Figuerola *et al.*, ., 2008). Esto se explica, ya que, la parte comestible de las frutas tienen un alto contenido de FDT (Figuerola *et al.*, ., 2008); los deshidratados de estas frutas se prepararon además de la pulpa, con piel y semillas que aportan entre 64 y 86% de FDT, como en el caso de la maracuyá (Chau y Huang, 2003). De acuerdo a los resultados se observa que la corteza y la pulpa de la cidra son una buena fuente de FD, debido a que su contenido se encuentra entre el 25-60g/100g de materia seca (Garau *et al.*, ., 2007).

CONCLUSIÓN

El contenido de fibra dietaria de la corteza de la cidra seca hace que se considere como un buen recurso de ésta, principalmente como fuente de fibra dietaria insoluble por su alta proporción

(61,9%), comparable con la de pulpa. Lo que sugiere su aprovechamiento como un ingrediente para la elaboración de concentrados de fibra dietaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Chau, F. C. and Y. L. Huang. 2003. Characterization of passion fruit seed fibres a potencial fibre source. *Food Chemistry*. 85(2): 189-194.
- Cummings, J. H and A. M. Stephen. 2007. Carbohydrate terminology and classification. (Joint FAO/WHO Scientific Update on Carbohydrates in Human Nutrition) (Review). *European Journal of Clinical Nutrition* 61(S1): S5.
- Femenia, A., A. C. Lefebvre., J. Y. Thebaudin., J. A. Robertson and C. M. Bourgeois. 1997. Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. *Journal of Food Science* 62 (4): 635-639.
- Fernández, M., A. S. Falco., M. García y O. Zelgueira. 2006. Obtención de concentrado de fibra de Piña (*Ananas comosus* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 16(2): 56-61.
- Figuerola, F., M. L. Hurtado., A. Estévez., I. Chiffelle and F. Asenjo. 2008. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Facultad de Ciencias Agrarias de Chile, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 91 (3): 301-405.
- Flórez, O., O. Román., O. L. Martínez., E. Gutiérrez y G. Medina. 2006. Optimización de un preparado sólido de fibra dietaria a partir de diferentes residuos de frutas. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 13 (1): 10-15.
- Garau, M. C., S. Simal., C. Rosselló and A. Femenia. 2007. Effect of air-drying temperature on physicochemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*. 104:1014-1024.
- Larrauri, J. A., P. Ruperez., B. Borroto and F. Saura-Calixto. 1996. Mango Peels as a New Tropical Fibre: Preparation and Characterization. *LWT Food Science and Technology*. 29(8):729-733.
- Pak, N. 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *ALAN*. 50(1):97-101.
- Raghavendra, S. N., S. R. Ramachandra., N. K. Rastogi., K. S. M. S. Raghavarao., S. Kumar and R. N. Tharanathan. 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*. 72(3):281-286

Extracción por Hidrólisis Alcalina del Ácido Ferúlico presente en el Nejayote, Subproducto de la Industria del Maíz

Ferulic Acid Extraction Present in Nejayote, a Corn Industry By-Product, by Alkaline Hydrolysis

Mariana Cañas Arboleda¹; Gustavo A. Buelvas Salgado²; Julio R. Montes Álvarez³; Jaime A. Cano Salazar⁴

1 Biotecnóloga, Facultad de Salud, Universidad Colegio Mayor de Antioquia, Sede Medellín. marianaca89@hotmail.com

2 Ing. Agroindustrial, MSc Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. gustavoandresbuelvas@yahoo.com.co

3 Microbiólogo, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Microbiología, Universidad de Pamplona, Sede Pamplona. jrma02@gmail.com.

4 Ph.D. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Lleida, España, ctproyectos@fundacionintal.org

Resumen. El ácido ferúlico (4-Hidroxi-3-metoxi ácido cinámico) es un compuesto fenólico natural empleado como antioxidante y precursor de compuestos fenólicos aromáticos como la vainillina. El ácido ferúlico se presenta en cantidades considerables en uno de los subproductos de la industria del maíz conocido como nejayote. En el presente estudio se evaluó a escala de laboratorio la obtención del ácido ferúlico presente en el nejayote mediante hidrólisis alcalina. Se evaluó el efecto de la temperatura y la concentración de NaOH sobre la extracción del compuesto fenólico. La máxima producción de ácido ferúlico ($242,44 \pm 9,51$ mg/kg) obtenida a 60°C y 0.1N de NaOH.

Palabras claves: Extracción química, Producto derivado, compuestos fenólicos

Abstract. The ferulic acid (4-Hydroxy- 3-methoxy cinnamic acid), is a natural phenolic compound used as antioxidant and precursor of aromatic phenolic compounds like vanillin. The ferulic acid is present in substantial quantities in one of the corn industry by-product know as nejoyate. In this study is being assessed at laboratory scale the generation of ferulic acid presents in nejayote through alkaline hydrolysis. The effect of temperature and NaOH concentration was assessed on the extraction of phenolic compound. The maximum production of ferulic acid (242.44 ± 9.51 mg/kg) was obtained at 60°C and 0.1N NaOH.

Keywords: Chemical Extraction, By-products, Phenolic Compounds

INTRODUCCIÓN

El ácido ferúlico (AF), compuesto fenólico natural presente en especies vegetales se caracteriza por ser antioxidante y precursor de sabores y aromas, como el ácido vainillinico y

vainillina (Huerta, *et al.*, ., 2013). Estudios realizados en el subproducto de la industria del maíz, nejayote, determinaron que en su composición se encuentran diversos compuestos fenólicos, en especial el AF y el ácido π -cumárico (Asaff., 2010). Las propiedades bioactivas del AF le permite ser aplicado en diversos campos industriales; a nivel farmacológico, siendo valorado por sus efectos antiinflamatorios y capacidad antioxidante. El presente trabajo tiene por objeto evaluar a escala de laboratorio, la obtención del ácido ferúlico presente en el nejayote mediante hidrólisis alcalina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El nejayote fue obtenido de la empresa Alimentos NOA, ubicada en el municipio de Sabaneta – Colombia.

Caracterización bromatológica y fisicoquímica del nejayote. Determinación del contenido de fenoles totales por titulación (Farmacopea Británica., 2012), porcentaje de almidón por polarimetría US-ISO 6493, análisis de lignina, hemicelulosa, celulosa y proteína cruda por el método de Van Soest. 1984, en base al 95% de materia seca.

Hidrolisis alcalina del AF presente en el nejayote. El nejayote fue secado y molido mecánicamente (aprox. 250 micras). La hidrolisis alcalina se llevó a cabo con nejayote en polvo y NaOH en una relación de 1:10 en agitación constante (Mussatto, *et al.*, ., 2007). Variando el NaOH desde 0,1M hasta 1M y la temperatura desde 60°C a 80°C . Para la recuperación del AF los hidrolizados se centrifugaron y se recuperaron los sobrenadantes y se acidificaron, precipitando el AF, y recuperándolo con etanol al 96% para su posterior secado por rotoevaporación (Pereyra, *et al.*, ., 2010).

Detección y cuantificación del AF obtenido en la hidrólisis alcalina. La detección y cuantificación se realizó HPLC, Agilent Technologies 1260 Infinity, columna C18 (150 mm x 2mm, 5 μ_m), 0,5 ml/min, inyección de 20 μ l, a 322 nm.

Análisis estadístico de la hidrólisis alcalina del nejayote. Se realizó un análisis de varianza, empleando la metodología de superficie de respuesta en el programa Design-Expert 8.0.5.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Caracterización bromatológica y fisicoquímica del nejayote. El subproducto empleado en el presente estudio presentó un 77,9% de material de lignocelulosa en base seca. Estudios realizados en subproductos de la industria del maíz ricos en material lignocelulosa (harina de pericarpio) reporta que el contenido de ácido ferúlico es de 1 a 7 g/Kg, (Reyes., 2012). Además el nejayote presentó un pH de 10,6, un contenido de almidón de 10,3%, de lignina 2,5%, de celulosa de 27,5%, de hemicelulosa de 47,5%, de proteína cruda de 6,1%, de fenoles totales de 3,2% y de materia seca de 5,7%. La presencia de almidón, material de lignocelulosa y proteínas, convierten al nejayote en un sustrato potencialmente viable para el crecimiento de microorganismos. Gutierrez, *et al.*, ., 2010 determinaron que este subproducto está compuesto por proteínas, azúcares y vitaminas, lo que permite emplearlo en la producción de probiótico y bacteriocinas.

Extracción alcalina del AF presente en el nejayote. La hidrólisis alcalina del nejayote reportó una producción de 242,44 \pm 9,51 mg AF/kg, al emplear una concentración

de 0,1M de NaOH y una temperatura de 60 °C; siendo está la mayor cantidad obtenida. El nejayote seco presenta en su composición un 10,3% de almidón; la presencia de este dificultó la determinación de fenoles totales y el proceso de hidrólisis alcalina, ya que, a temperaturas y concentraciones de NaOH elevadas, el almidón incrementó la viscosidad del medio, dificultando así la difusión del NaOH. Gomez de León, *et al.*, ., 2006, encontraron el mismo inconveniente en la hidrólisis alcalina de granos de maíz *Cacahuacintle* identificando que una concentración de 4M de NaOH provocó un incremento en la viscosidad y como consecuencia disminuyó la liberación de AF.

El análisis estadístico determinó que la temperatura ejerció un efecto significativo sobre la producción de AF (Figura 1). Para las concentraciones 0,5M y 1,0M de NaOH, los resultados mostraron que la mayor cantidad de AF se obtuvo a 70°C; tomando valores de 119,21 \pm 47,64 mg/kg y 119,30 \pm 32,86 mg/kg respectivamente (Figura 1). Este incremento en la cantidad de AF se atribuye a la capacidad del NaOH para generar calor; cuando el almidón es calentado continuamente en agitación constante, se induce a la disminución de la viscosidad así como la pérdida de integridad de los granos de almidón (Benavides *et al.*, ., 2008), condición que permite la difusión parcial del NaOH y la liberación del AF. Al incrementar la temperatura del proceso a 80°C la cantidad de AF liberado disminuyó en todos los tratamientos (Fig. 1). Este comportamiento es atribuido a que temperaturas de 80°C o superiores, incrementan la posibilidad de degradación de

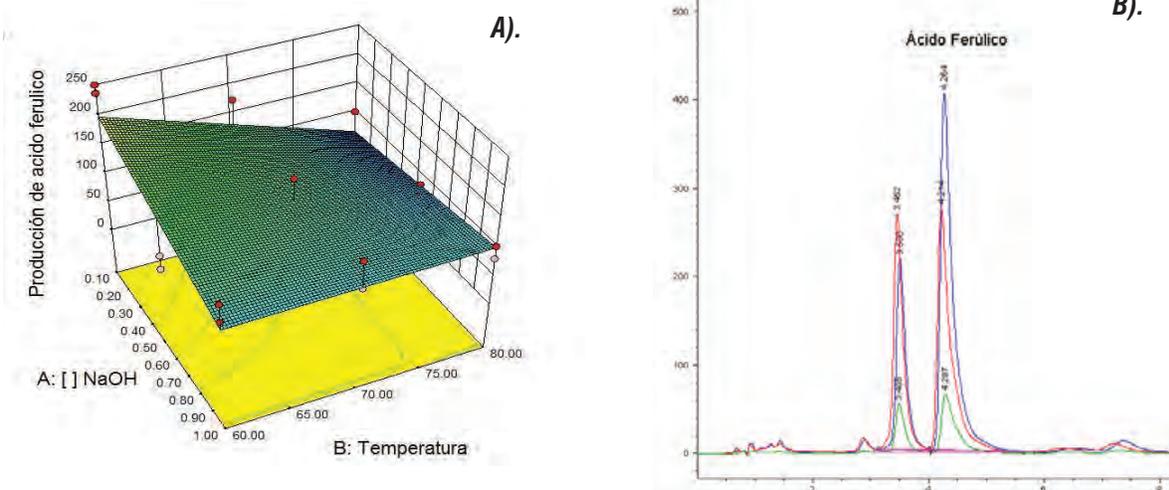


Figura 1. A). Superficie de respuesta para la obtención del AF presente en el nejayote. **B).** HPLC para la identificación del AF extraído a partir del nejayote a 0,1M de NaOH: línea azul 60°C, línea roja 70°C y línea verde 80°C.

la carga polifenólica de la muestra hidrolizada (Lafka, *et al.*, 2007).

CONCLUSIÓN

El residuo evaluado presento compuesto de gran valor nutricional (almidón y proteína) por lo cual puede llegar a ser un excelente medio de cultivo para microorganismos. El nejayote resulto ser una matriz que presenta cantidades considerables de AF, lo cual es de gran interés para ser utilizada como materia prima de extracción del antioxidante y precursor de compuesto fenólicos aromáticos como el ácido vainillínico o la vainillina.

AGRADECIMIENTOS

A la convocatoria 566 de Colciencias, a la Fundación INTAL, a la Red Tecnoparque, a las empresas Tecnas S.A y Alimentos NOA.

BIBLIOGRAFÍA

Asaff, A. 2010. Transformando riesgo en oportunidades: del nejayote a la vainillina. 1 p. En Memorias Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de México. Foro de Consultivo, científico y tecnológico. México.

Benavides, I. y M. Pozo-López. 2008. Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de Papa

(*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas. Tesis Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 140 p.

Gomez de León, N. y M. Sánchez-González. 2006. Extracción química enzimática del ácido ferúlico presente en diferentes variedades de Maíz Mexicano. *Salud Pública y Nutrición* (11):1-4.

Gutierrez, J., C. Garcia-Rojas, S. Garcia-Lara and S. Serna-Saldivar. 2010. Phytochemical analysis of wastewater (nejayote) obtained after lime-cooking of different types of maize kernels processed into masa for tortillas. *Journal of cereal science*, 52:410-416.

Huerta, A., Y. Rodriguez, I.Q. Valencia- Lopez y O. Villegas. 2013. *Obtención de ácido ferúlico por hidrólisis del Maíz*. Trabajo de grado. Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco. 13 p.

Lafka, T., V. Sinanoglou and E. Lazos. 2007. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food Chemistry*, 104:1206-1214.

Mussatto, S.I., G. Dragone and I.C. Roberto. 2007. Ferulic and p-coumaric acids extraction by alkaline hydrolysis of brewer's spent grain. *Industrial Crops and Products*, 25: 231-237.

Pereyra, M., P. Rodriguez, J. Rodriguez y L. Niedbalsky. 2010. Producción biotecnológica de vainillina a partir de salvado de arroz. p. 1-9 En: Memorias del *Congreso Mundial y Exposición. "Tecnología, Innovación y Producción para el Desarrollo Sostenible"*. Buenos Aires.

Reyes, Miguel. 2012. Evaluación del nejayote para el crecimiento de probióticos y producción de bacteriocinas. Tesis Especialista en Biotecnología. Facultad de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. 32 p.

Biotransformación del Ácido Ferúlico en Ácido Vainillínico por *Aspergillus niger*

Ferulic Acid Biotransformation in Vanillic Acid by Aspergillus niger

Mariana Cañas Arboleda¹, Gustavo A. Buelvas Salgado², Julio R. Montes Álvarez³, Jaime A. Cano Salazar⁴

1 Biotecnóloga, Facultad de Salud, Universidad Colegio Mayor de Antioquia, Sede Medellín. marianaca89@hotmail.com

2 Ingeniero Agroindustrial, MSc Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. gustavoandresbuelvas@yahoo.com.co

3 Microbiólogo, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Microbiología, Universidad de Pamplona, Sede Pamplona. jrma02@gmail.com

4 Ph.D. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Lleida, España, ctproyectos@fundacionintal.org

Resumen. Se han identificado a diversos compuestos fenólicos como precursores de compuestos fenólicos aromáticos, uno de estos es el ácido ferúlico (4-Hidroxi-3-metoxi ácido cinámico). En el presente estudio se evaluó a escala de laboratorio, la obtención de ácido vainillínico a partir de la transformación del ácido ferúlico por *Aspergillus niger*. Se evaluó la concentración inicial de ácido ferúlico y la adición de glucosa sobre la producción de ácido vainillínico y 4-vinylguaiacol. La mayor concentración de ácido vainillínico

obtenida fue de 17,84 mg/L. La cepa de *A. niger* utilizada fue capaz de utilizar el ácido ferúlico y transformarlo en ácido vainillínico y 4-vinylguaiacol, compuestos de gran interés para la industria de los aromas.

Palabras claves: Industria de alimentos, Biotecnología, Compuesto fenólico

Abstract. Some phenolic compounds have been identified as precursors of aromatic phenolic compounds; one of these is the ferulic acid (4-Hydroxy- 3-methoxy cinnamic acid). In the present study was evaluated, at laboratory scale, the production of vanillic acid from the transformation of ferulic acid by *Aspergillus niger*. Were evaluated the initial concentration of ferulic acid and the addition of glucose on the production of vanillic acid. and 4 vinylguaiacol. The highest concentration of vanillic acid obtained was 17.84 mg/L. The strain of *A. niger* used was able to use ferulic and transform it into vanillic acid and 4-vinylguaiacol, compounds of great interest to the flavor industry.

Key words: Food industry, biotechnology, phenolic compound.

INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda de saborizantes, aromatizantes y antioxidantes así como el desarrollo de nuevas políticas ambientales, han llevado a la industria de alimentos a desarrollar procesos y productos más amigables con el medio ambiente. En la biotransformación con microorganismos de los ácidos hidroxycinnámicos, se han encontrado alternativas para transformar fenoles como el ácido ferúlico (AF), compuesto fenólico natural contenido en muchas especies vegetales, en vainillina, alcohol vainílico, ácido vainillínico, entre otros, (Baqueiro, 2010). Entre estos microorganismos se encuentran los Ascomycetos, pertenecientes a los géneros de *Eurotium*, *Penicillium*, y *Aspergillus* y los Actinomicetos, como *Streptomyces*, que permiten la bioconversión del AF, el cual presenta capacidad antioxidante y es precursor de compuestos fenólicos aromáticos, ácido vainillínico y la vainillina (Asther, *et al.*, 1999). El presente trabajo tiene por objeto evaluar a

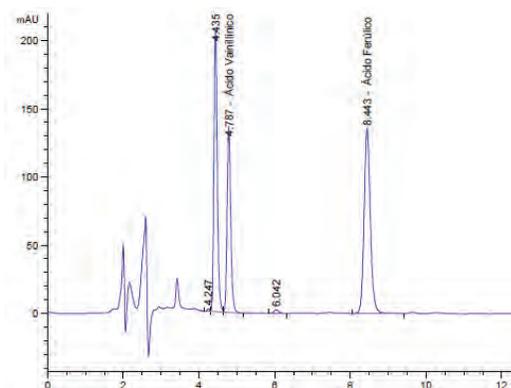


Figura 1. Cromatograma de producción de compuestos fenólicos aromáticos (ácido vainillínico) a partir de la bioconversión de 1035 ppm de AF con 0,1% de glucosa por *A.*

escala de laboratorio, la obtención de ácido vainillínico a partir de la biotransformación del ácido ferúlico por *Aspergillus niger*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la cepa de *A. niger* ATCC 1604 adquirida del cepario de la Fundación INTAL.

Biotransformación del AF por *A. niger*. Se inoculó el 5% de las esporas de *A. niger* en 100 ml de medio de cultivo que contenía (g/L): 20 Maltosa, 0,2 KH_2PO_4 , 0,5 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 extractos de levadura, 120 rpm a 30 °C por 3 días. Transcurrido este tiempo se adicionó el AF desde 370 ppm a 1700 ppm, y una fuente de carbono alterna (glucosa) la cual varió desde un 0% a 0,2%.

Detección y cuantificación del ácido vainillínico. Se utilizó cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), Agilent Technologies 1260 Infinity, columna C18 (100 mm X 4,6 mm). Para la detección de compuesto fenólico aromático. Para determinar la presencia de otros compuestos fenólicos se utilizó la cromatografía de gases-masas (ThermoScientific (Trace GC Ultra)); columna de 3 metros (TG 5 MS).

Análisis estadístico del consumo de AF y producción del ácido vainillínico. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza, empleando la metodología de superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS CenturionXVI, con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de AF en todos los tratamientos fue superior al 50%, la producción de ácido vainillínico fue baja, esto se atribuye a que durante el proceso de fermentación se produjeron otros compuestos como el 4-Vinyl-guaiacol el cual fue identificado por cromatografía de gases-masas, con una probabilidad de 55.2% al compararlo con la base de datos del cromatógrafo. Lo cual es coincidente con la vía de degradación de la cadena propenóica del *A. niger*, donde el AF sufre una descarboxilación a 4-vinil guayacol (Baqueiro, 2010). Igualmente los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Baqueiro, 2010 quien a partir de una cepa de *A. niger* DAR 2 obtuvo 149 mg/L de 4-vinylguaiacol y 59 mg/L de ácido vainillínico durante 72h de fermentación con una concentración inicial de AF de 800 mg/L. La mayor concentración de ácido vainillínico en promedio fue de 17,84 mg/L y se obtuvo al utilizar una concentración inicial de 1035 mg/L de AF y 0,1% de glucosa (Figura 1), resultados que difieren a los reportados por Zheng, *et al.*, 2007, quienes obtuvieron un rendimiento del 57,7% al utilizar como concentración inicial 4 g/L de AF,

obteniendo 2 g/L de ácido vainillínico a partir de la cepa *A. niger* CGMCC0774.

El consumo de AF presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), viéndose afectado por la concentración inicial de AF, caso contrario para la producción de ácido vainillínico donde no se presentó diferencia significativa para su producción. En cuanto a la suplementación con una fuente de carbono (glucosa), no genero un efecto estadístico significativo ($p \leq 0,05$) sobre la producción del ácido vainillínico ni en el consumo del AF por parte de *A. niger*; aunque la mayor concentración de ácido vainillínico se obtuvo con un 0,1% de glucosa y 1035 mg/L de AF inicial. Los resultados mostraron que a concentraciones intermedias del AF inicial (1035 mg/L) se obtuvo una mayor concentración de ácido vainillínico y por ende mayor consumo de AF; y a concentraciones iniciales de AF superiores a 1035 mg/L la producción de ácido vainillínico fue menor (Fig. 2).

Ghosh, *et al.*, ., 2005, reportaron que el incremento en la producción del ácido vainillínico no es lineal al incremento de la concentración del AF. Esta tendencia también fue observada en el trabajo realizado por Motedayen, *et al.*, 2013, reportaron un rendimiento molar de producción de ácido vainillínico del 33,3%, 64,56%, 40,6% y 11,34% para una concentración inicial de AF de 100 mg/L, 300 mg/L, 600 mg/L y 1200 mg/L respectivamente, indicando un descenso en la producción del ácido vainillínico a medida que la concentración de AF era superior a 600 mg/L, reportando toxicidad del sustrato. La optimización realizada para obtener una mayor producción del ácido vainillínico permitió identificar que una concentración inicial de 877 mg/L de AF y 0,12% de glucosa permitiría producir un 15,44 mg/L de ácido vainillínico y un consumo del 90,87% de AF.

CONCLUSIÓN

Los procesos de conversión del AF mediante *A. niger* permitió obtener ácido vainillínico y 4-vinylguaiacol, por lo que se identificó que la cepa tomo la vía degradativa de la cadena propenónica. Continuar con la investigación permitirá generar nuevo conocimiento relacionado estandarización de procesos producción de compuestos aromáticos, saborizantes y antioxidante mediante tecnologías limpias y renovables.

AGRADECIMIENTOS

A la convocatoria 566 de Colciencias para Bancos de elegibles para jóvenes investigadores e innovadores 2012, a Fundación INTAL, a la Red Tecnoparque y la empresa Tecnas S.A.

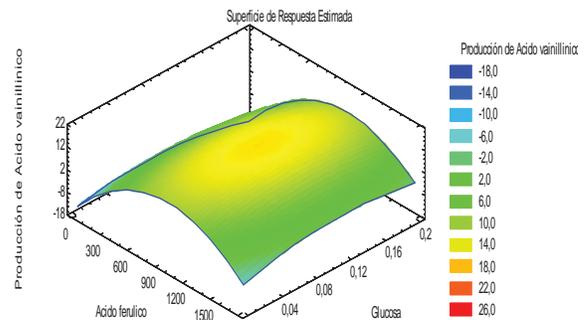


Figura 2. Gráfico de superficie de respuesta para la producción de ácido vainillínico por medio de la conversión del ácido ferúlico con *A. niger*.

BIBLIOGRAFÍA

- Asther, M., M. Haon., M.B. Delattre and L. Lesage-Meessen. 1999. Procedimiento de obtención de ácido vainillínico y de vainillina mediante bioconversión por una asociación de microorganismos filamentosos. Eur. Pat App ES 2 128 074 T3.
- Baqueiro P. I. 2010. Biotransformación de ácidos hidroxicinnámicos por hongos del género *Aspergillus*. Tesis Doctorado en Biotecnología. Departamento de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. 171 p.
- Ghosh Shashwati., Sachany Ashish and Mitra, Adinpunya. 2005. Degradation of ferulic acid by a white rot fungus *Schizophyllum commune*. World Journal of Microbiol Biotechnol. 21: 385-388.
- Motedayen, Nazila., Ismail, Maznah and Nazarpour, Forough. 2013. Bioconversion of ferulic acid to vanillin by combined action of *Aspergillus niger* K8 and *Phanerochaete crysosporium* ATCC 24725. African Journal of Biotechnology. 12 (47): 6618-6624.
- Zheng Lirong., Zheng Pu., Sun Zhihao., Bai Yanbing., Jun Wang and Guo Xinfu. 2007. Production of vanillin from waste residue of rice bran oil by *Aspergillus niger* and *Pycnoporus cinnabarinus*. Bioresource Technology. 98: 1115-1119.

Evaluación de las Características del Colágeno Tipo I soluble en Ácido Extraído a Partir de Huesos de *Cebú-Bos primigenius indicus*.

Evaluation of the Characteristics of Acid Soluble Collagen From Bovine Bos primigenius Indicus Femur Bones.

Cortés, Melissa Paola¹; Amaya, María Camila¹; Osorio, Marlon³; Velásquez, Jorge³; Zuluaga, Robin²; Vélez, Lina², Gañán, Piedad.³, Castro, Cristina¹.

1 Facultad de Ingeniería Textil, Universidad Pontificia Bolivariana, circular 1 No 70-01, Medellín, Colombia

2 Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

3 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

melissapaola.cortes@alfa.upb.edu.co

Resumen. El colágeno es la proteína más abundante que se encuentra en el cuerpo de los animales y es ampliamente utilizado para aplicaciones biomédicas y farmacéuticas. Por otro punto en Colombia los huesos de bovino son de poca explotación industrial, por lo que se toma en consideración el procesamiento de estos como posible fuente de extracción. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de las características del colágeno tipo I soluble en ácido de los huesos de bovino *Cebú-Bos primigenius indicus*, el cual fue caracterizado por diferentes técnicas físico-químicas como FTIR y Electroforesis poliacrilamida SDS.

Palabras clave: Colágeno, huesos de bovino, el aislamiento.

Abstract. Collagen is the most abundant protein found in the body of animals and is widely used for biomedical and pharmaceutical application. In Colombia, bovine bones have few industrial uses for which are taken into consideration the bones processing such as potential extraction source of collagen. The aim of this study was to evaluate the characteristics of collagen type I acid soluble bovine bone from *Cebu-Bos primigenius indicus*. Subsequently the extracted collagen was characterized by infrared spectroscopy (FTIR) and SDS-PAGE.

Key words: Collagen, bovine bones, isolation.

INTRODUCCIÓN

El colágeno es la proteína más abundante y es aproximadamente 30% de todas las proteínas presentes en el cuerpo de un vertebrado (Pati, 2010). Dadas sus propiedades es ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, cosmética y biomédica, pero sus aplicaciones son limitadas debido a su alto costo. El colágeno tipo I ha sido extraído de cartílago de cola de rata (Techatanawata, 2011), escamas, piel y huesos de pescado (Li, 2012). Existen alrededor de 29 tipos de Colágeno, el más utilizado en la industria biomédica es el colágeno Tipo I y una de las posibles fuentes de este son los huesos bovinos (Pati, 2010).

En Colombia la ganadería es una de las economías más sostenibles, pero las reses solo son explotadas por su leche, cuero y carne, los huesos representan un gran desperdicio y son de poca explotación industrial. El objetivo del presente estudio es la caracterización del colágeno extraído de fémur de *Cebú-Bos primigenius indicus*, por medio de técnicas como la espectroscopia infrarroja y la electroforesis SDS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los huesos de ganado *Cebú-Bos primigenius indicus* fueron obtenidos de una carnicería local. Los cuales fueron descarnados, molidos y almacenados a -80°C , hasta su utilización. La extracción se hizo de acuerdo al método planteado por (Li, 2012). Todos los procesos se llevaron a cabo a aproximadamente 4°C con agitación continua y son resumidos en la Figura 1.

El colágeno extraído (CE) y uno disponible comercialmente (CC) (Sigma Aldrich) fueron caracterizados por espectroscopia infrarroja en un Nicolet 6700 con ATR, en un rango de $4000-400\text{ cm}^{-1}$ con una resolución de 4 cm^{-1} y 64 barridos. Por otro lado se realizó la electroforesis SDS en gel de poliacrilamida siguiendo el protocolo reportado por (Li, 2012) con el objetivo de determinar el peso molecular de las proteínas presentes en el sustrato e identificar el movimiento de las estructuras presentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros infrarrojos del colágeno extraído y el comercial se muestran en la Figura 2. Los espectros de ambos colágenos presentan las bandas características para el colágeno tipo I (Vidal, 2011).

La banda correspondiente a la amida A asociada con el estiramiento del grupo NH alrededor de 3300 cm^{-1} se encuentra presente (Sai 2001). Así mismo, se confirma la presencia de la triple hélice característica del colágeno tipo I por los picos en

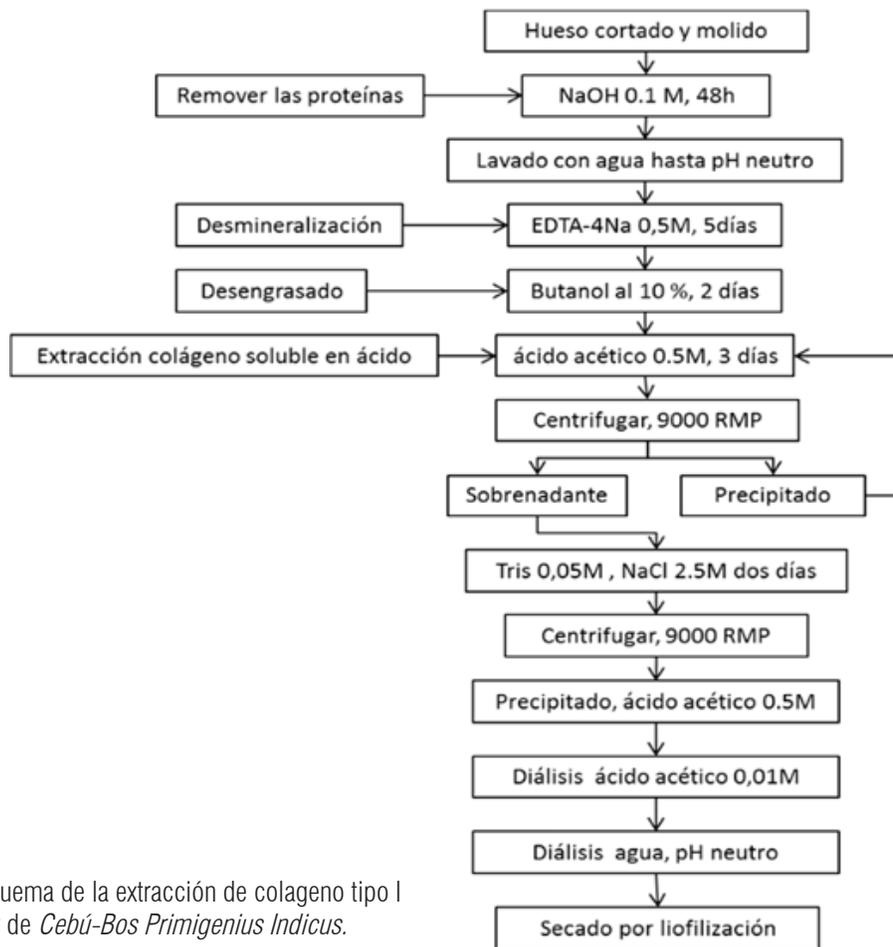


Figura 1. Esquema de la extracción de colágeno tipo I de fémur de *Cebú-Bos Primigenius Indicus*.

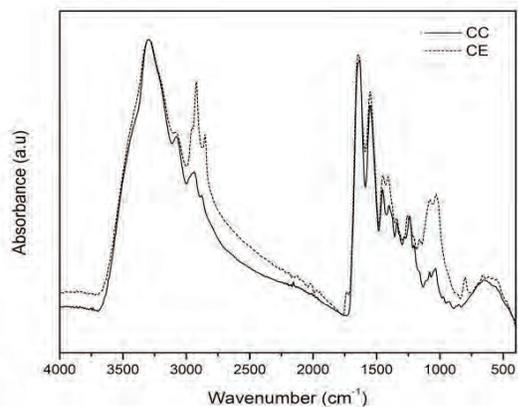


Figura 2. Espectro infrarrojo del colágeno tipo I extraído de fémur de *Cebú-Bos primigenius indicus*(CE) y del colágeno comercial (CC) .

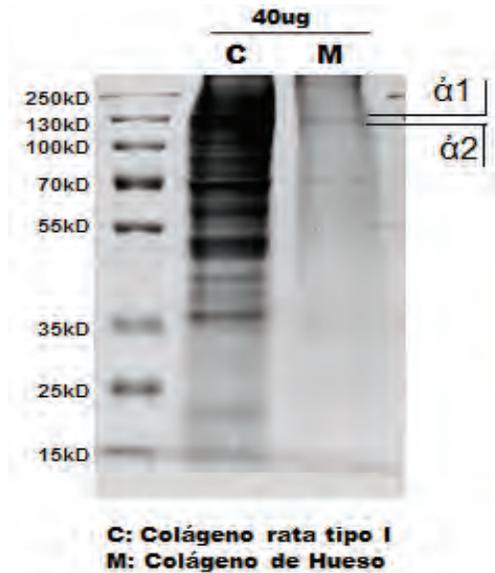


Figura 3. Imagen de SDS-Page electroforesis de 40ug para Colágeno de rata y Colágeno extraído de hueso de bobino.

1447 y 1550 cm^{-1} correspondientes a los grupos NH y CN de la amida II, respectivamente (Wang, 2008). Los picos en CE y en CCa 1645 cm^{-1} se le atribuyeron a la amida I, este podría indicar la no desnaturalización del colágeno (Vidal, 2011). Se sugiere como estructura secundaria la α -Hélice debido al pico en 1645 cm^{-1} (Farrell, 2001). La amida B se encontró en 2999 cm^{-1} , representando la tensión asimétrica del CH_2 . Finalmente se comprueba la existencia de la amida III con el pico en 1256 cm^{-1} debido a la presencia del grupo NH y el enlace CN.

El patrón obtenido para CE y CC en la electroforesis SDS se muestran en la Figura 3, donde se evidencia la presencia de las cadenas $\alpha 1$ y $\alpha 2$ con un peso molecular aproximado de 130kD lo cual confirma la obtención de colágeno tipo I (Pati, 2010). Se reconocen otros componentes de bajo peso molecular entre 100 y 55kD para CE. La transparencia de las bandas en CE puede deberse a que en la solución proteica utilizada para la electroforesis el colágeno no se había completamente solubilizado y se encontraba como un sólido disperso en la solución, lo que disminuyó finalmente la concentración de colágeno soluble disponible para el ensayo.

CONCLUSIÓN

El método seguido para la extracción de colágeno tipo I de los huesos de fémur de bobino de *Cebú-Bos primigenius indicus* resultó apropiado para lograr la caracterización. Las Investigaciones FTIR mostraron la existencia de las amidas A, B, I, II y III, además de la presencia de la triple hélice característica del colágeno. Se identificaron las cadenas $\alpha 1$ y $\alpha 2$ del colágeno tipo I. Por lo tanto los resultados obtenidos con la

aplicación de los métodos propuestos para caracterización del colágeno I, indican que se ajustan a las características del tipo de colágeno I, mostrando que los huesos de fémur de bobino *Cebú-Bos primigenius indicus* para la extracción de colágeno tipo I presentan un potencial de interés para la extracción de este tipo de colágeno.

BIBLIOGRAFÍA

- Pati, A. 2010. Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability. *Bioresource Technology*, 101: 3737–3742.
- Farrell, H. 2001. Secondary structural studies of bovine caseins: temperature dependence of b-casein structure as analyzed by circular dichroism and FTIR spectroscopy and correlation with micellization. *Food Hydrocolloids*, 15: 341–354.
- Li, R. 2012. Isolation and characterization acid soluble collagens from the skin and bone of Spanish mackerel (*Scomberomoropus niphonius*). *Food Hydrocolloids*, 31: 103–113.
- Wang, L. 2008. Isolation and characterization of collagens from the skin scale and bone of deep-sea redfish (*Sebaste smentella*). *Food Chemistry*, 108:616–623.
- Nagai, T. 2000. Isolation of collagen from fish waste material-skin, bone and fins. *Asian Biomedicine*, 5: 787–798.
- Vidal, B. 2011. Collagen type I amide I band infrared spectroscopy. *Micron*, 42: 283–289
- Sai, K. 2001. Studies on Rana tigerina skin collagen. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 128: 81–90
- Techatatanawat, S. 2011. Type I collagen extracted from rat-tail and bovine Achilles tendon for dental application: a comparative study. *Asian Biomedicine*, 5: 787–798

Hidratación de Micelas de Caseínas contenidas en Leche en Polvo Descremada

Casein Micelle from Skim Milk Powder Hydration

Carolina Astudillo¹; Francisca Sánchez; Jorge Saavedra y Andrea Poblete

1 Escuela de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Waddington 716, Playa Ancha, Valparaíso, Chile. carolina.astudillo@ucv.cl

Resumen. Las micelas de caseína (MC) son los componentes presentes en la leche en polvo descremada (LDP) más difíciles de hidratar debido a su compleja conformación y es este tipo de leche la que se utiliza normalmente como ingrediente en la formulación de alimentos. Normalmente, la LDP es disuelta en agua para la hidratación de las proteínas, sin embargo: ¿Cómo asegurarse que la hidratación logra completarse? El objetivo de este trabajo fue evaluar cuatro métodos para la hidratación de MC. Primero, la LPD fue

dispersada en agua (40 °C, 250 rpm y 30 min), dejándose reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Luego, se llevaron a cabo cuatro tratamientos a 4 °C a diferentes tiempos y agitación. Los resultados obtenidos por difracción de rayos láser mostraron que sólo uno de los tratamientos fue capaz de dispersar la totalidad de las MC, obteniéndose una distribución de tamaño de partícula (DTP) semejante a la de leche natural, donde el 100% de las micelas se encuentra en el rango de 0,03-0,4 micrómetros. Esto se consiguió

manteniendo la leche a 150 rpm durante 23 h a 4 °C. Usando los otros tratamientos se obtuvieron DTP atípicas con dos picos. El primero en el rango para las MC y el segundo con un tamaño mayor, que puede corresponder a un fenómeno de agregación. En conclusión, se encontró un tratamiento que asegura la completa hidratación de las MC y genera una DTP semejante a la leche natural.

Palabras clave: Distribución de tamaño de partícula, difracción láser, micelas de caseína.

Abstract. *The micelle caseins are the most difficult compound in skim milk powder (SMP) for being hydrated, due its complex conformation and this kind of milk is normally used as ingredient for product formulation. Currently, SMP has to be dissolved in water for protein hydration, but how to ensure that the hydration was done? The aim was to test several methods for micelle caseins hydration. As a first step, the powder was dispersed in water (40 °C) under agitation (250 rpm) during 30 min and resting for 30 min at room temperature. Then, four treatment conditions at 4 °C were tested under different conditions of time and agitation. Results by laser diffraction showed that only one treatment was able to disperse all the micelle caseins which has a profile of size particle distribution like natural milk, due to the 100% of micelle caseins were in the proper range (0.03-0.4 µm). The treatment was 23 hours at 4 °C at 150 rpm. The other treatment leaded to an untypical profile of size particle distribution with two picks. The first pick was in the range for micelle caseins and the second one showed a higher size (2-230 µm). Clearly, the second pick could be explained as an undesirable aggregation phenomenon. Therefore, one treatment was found for ensure complete micelle caseins hydration and lead to a size particle distribution equivalent to natural milk, which is the best ingredient for product formulation.*

Key words: Particle size distribution, laser diffraction, casein micelles.

INTRODUCCIÓN

La leche descremada es normalmente utilizada como un ingrediente en la formulación de productos alimenticios tan diversos como alimentos horneados, productos lácteos como yogurt y quesos (Baldwin and Pearce, 2005), y alimentos bajos en grasas (González-Tomás *et al.*, ., 2008). Para ser utilizada con este propósito la leche en polvo debe ser rehidratada. Dentro de los componentes de la leche, las micelas de caseínas son las más difíciles de hidratar dada su alta complejidad. Entonces, surge la pregunta: ¿Cómo podemos asegurarnos que las proteínas contenidas en la leche en polvo fueron adecuadamente hidratadas? ¿Son los métodos propuestos en la literatura suficientes para garantizar que el perfil de distribución

de tamaño de partícula de la leche descremada rehidratada sea semejante al de la leche natural? El método típico para la hidratación de la leche en polvo es disolver rápidamente el polvo en agua desmineralizada caliente y almacenada durante toda la noche refrigerada (González-Tomás *et al.*, ., 2008).

El objetivo de este trabajo es evaluar varios métodos para la rehidratación de leche en polvo descremada y comparar su efectividad con los perfiles para leche natural de vaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La leche utilizada correspondió a una leche en polvo descremada producida con un tratamiento térmico a baja temperatura (low-heat-non-fat dry milk, Hormel, USA), debido a que su contenido de proteínas solubles entre ésta leche y la leche natural es muy similar.

La dispersión inicial de la leche en polvo fue realizada en agua desmineralizada a 40 °C bajo una agitación moderada (250 rpm) durante 30 minutos, para luego reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Los cuatro tratamientos testeados a 4 °C fueron los siguientes: 1) Sin reposo, ni agitación (es decir, la muestra fue analizada inmediatamente luego de ser preparada); 2) Almacenamiento a 4 °C durante 17 horas; 3) Agitación durante 17 horas a 150 rpm y 4) Agitación durante 23 horas a 150 rpm. A cada muestra se le realizó un análisis de distribución de tamaño de partícula mediante difracción láser utilizando un equipo Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, UK), cuyo límite de detección es de 0,04 micrómetros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las distribuciones de tamaño de partícula para las muestras preparadas con los cuatro tratamientos. Se observa que sólo el tratamiento 4 (en rojo) fue capaz de dispersar todas las proteínas y presentar un perfil de distribución de tamaño de partícula semejante al de la leche natural, dado que el 100% de las micelas de caseína se encontraron en el rango de tamaño de 0,03 a 0,4 micrómetros (Karlsson *et al.*, ., 2007). En general se habla de un diámetro promedio entre 50 a 200 nm (Woychik *et al.*, ., 1992; Rabiller-Baudry *et al.*, ., 2005) y de 180 nm para una leche reconstituida del tipo low heat (Fairise *et al.*, ., 1999).

El resultado de los tratamientos 1), 2) y 3) genera un perfil de distribución de tamaño atípico para la leche con dos picos. El primero se encuentra en el rango para el tamaño de las micelas de caseína. El segundo presenta un rango mayor desde 2 a 230 micrómetros. Claramente, el segundo se puede explicar como un fenómeno de agregación, el cual es absolutamente indeseable.

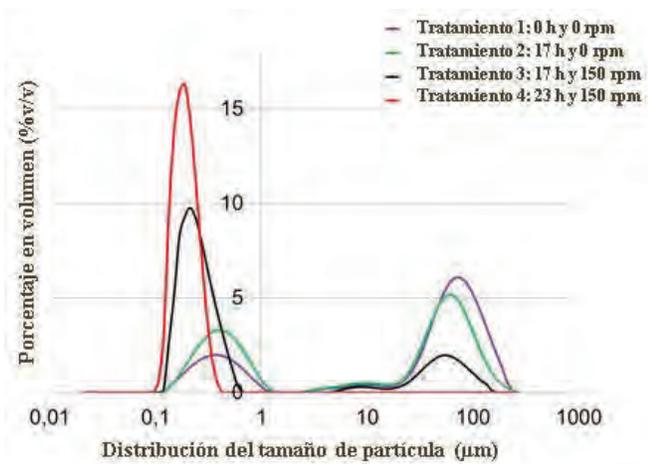


Figura 1: Distribución de tamaño de partícula para las diferentes condiciones de hidratación.

Los resultados para dichos tratamientos fueron: Tratamiento 1) 23,50% (v/v) para el primer pick y 76,51% (v/v) para el segundo; Tratamiento 2) 37,98% (v/v) para el primer pick y 62,05% (v/v) para el segundo pick y el tratamiento 3) 76,75% (v/v) para el primer pick y 23,29% (v/v) para el segundo pick. De esto se puede deducir, que tanto el tiempo como la agitación contribuyen a dispersar los agregados.

CONCLUSIONES

Mediante el tratamiento número 4, fue posible conseguir la completa hidratación de las proteínas de la leche, en partícula de las micelas de caseína mediante una agitación moderada a 150 rpm bajo refrigeración durante un periodo de tiempo de 23 horas. Bajo éstas condiciones, una leche en polvo descremada tendrá una distribución de tamaño de partícula equivalente a la de la leche natural.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Fondecyt de Iniciación 11110402, Gobierno de Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Baldwin, A. and D. Pearce. 2005. Milk Powder, (pp. 387-433) En: Onwulata, C. (ed.). Encapsulated and powdered foods. CRC Press, USA. 519 p.
- Fairise, J., P. Cayot, and D. Lorient. 1999. Characterisation of the protein composition of casein micelles after heating. *International dairy journal* 9(3-6): 249-254.
- González-Tomás, L., S. Bayarri, A.J. Taylor and E. Costell. 2008. Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. *International Dairy Journal* 18(8): 858-866
- Karlsson, A.O., R. Ipsen and Y. Ardo. 2007. Observations of casein micelles in skim milk concentrate by transmission electron microscopy. *LWT - Food Science and Technology* 40(6): 1102-1107.
- Rabiller-Baudry, M., G. Gesan-Guiziu, D. Roldan-Calbo, S. Beaulieu and F. Michel. 2005. Limiting flux in skimmed milk ultrafiltration: impact of electrostatic repulsion due to casein micelles. *Desalination* 175(1): 49-59.
- Woychik, J.H., P. Cooke and D. LU. 1992. Microporous Ultrafiltration of Skim Milk. *Journal of Food Science* 57(1): 46-48.

Monitoreo de la Fermentación Alcohólica de Miel de Abejas sin Aguijón Mediante Electroanálisis

Monitoring of Alcoholic Fermentation of Stingless Bees Honey by Electroanalysis

Amaury Blanco¹; Martha Cuenca² y Cristian Hernández³

¹ Ingeniero químico. Joven investigador, Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores de Colciencias. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá ajblancop@unal.edu.co

² Ingeniera química. Candidata a PhD en Ingeniería química. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá mmcuencaq@unal.edu.co

³ Ingeniero biotecnológico. Aspirante a MSc en Ingeniería química. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá cyhernandezg@unal.edu.co

Resumen. La fermentación alcohólica de miel de abejas constituye una alternativa para generar valor en Colombia, donde además de *Apis mellifera*, se produce miel de abejas sin aguijón. En este trabajo se evaluó la fermentación alcohólica de miel de *Tetragonisca angustula* a 25 °C durante 11 días utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Se determinó el consumo de azúcares y la producción de etanol mediante cromatografía líquida de alta eficiencia y se monitoreó la fermentación mediante voltametría de onda cuadrada. Los

azúcares fueron rápidamente consumidos por la levadura, lo cual concuerda con los perfiles de corriente máxima obtenida a lo largo del tiempo, que se estabilizaron a partir del tercer día de fermentación. Se obtuvo una correlación satisfactoria entre los grados Brix, el pH y la corriente máxima para el electrodo de cobre con el grado alcohólico, lo cual permite generar una herramienta que ofrece simplicidad y rapidez en el análisis y monitoreo de la fermentación de miel.

Palabras clave: *Tetragonisca angustula*, hidromiel, voltametría.

Abstract. Honey alcoholic fermentation is an alternative to generating value in Colombia, where besides of *Apis mellifera*, stingless bees honey is produced. In this work, the alcoholic fermentation of *Tetragonisca angustula* honey by *Saccharomyces cerevisiae* at 25 °C for 11 days was evaluated. Sugars consumption and the ethanol production were determined by high performance liquid chromatography and the fermentation was monitored by square wave voltammetry. Sugars were rapidly consumed by the yeast, which is consistent with the maximum current profiles obtained over time, which were stabilized from the third day of fermentation. A satisfactory correlation between Brix degrees, pH and maximum current for the copper electrode with the alcoholic strength was obtained, which allows to generating a tool that offers simplicity and speed in the analysis and monitoring of honey fermentation.

Key words: Mead, fermentation, voltammetry, *Tetragonisca angustula*.

INTRODUCCIÓN

Las abejas sin aguijón son habitantes de la regiones tropical y subtropical, y han estado en el continente americano con anterioridad a las abejas *Apis mellifera*. Son productoras de miel, a la que se le atribuyen propiedades nutricionales, medicinales y sensoriales excepcionales (Fuenmayor *et al.*, .., 2013). La *Tetragonisca angustula*, conocida en Colombia como abeja “*Angelita*”, es una de las especies sin aguijón más comunes en Sur América, cuya miel presenta un contenido de azúcares reductores muy similar a la de *A. mellifera*, pero su humedad es más elevada (24,3%) (Fuenmayor *et al.*, .., 2013), lo cual implica realizar tratamientos para evitar el deterioro e incrementar su vida útil. La fermentación alcohólica de miel es una práctica tradicional en países de África y Europa Oriental e incipiente en algunos países de Sur América, mediante la cual se obtiene una bebida alcohólica tipo vino que contiene entre 8 y 18% de etanol en volumen, denominada hidromiel (Navrátil *et al.*, .., 2001), de mayor valor y estabilidad. Por otro lado, el electroanálisis comprende un conjunto de técnicas electroquímicas que permiten el estudio de un analito mediante la medición del potencial y/o la corriente producida durante procesos de óxido-reducción, las cuales están ganando una importancia progresiva en el campo de las fermentaciones alcohólicas debido a que son no destructivas, ofrecen alta sensibilidad y permiten obtener resultados casi en tiempo real (Buratti *et al.*, .., 2011) “ISSN” : “1873-4324”, “PMID” : “21641420”, “abstract” : “Effective fermentation monitoring is

a growing need due to the rapid pace of change in the wine industry, which calls for fast methods providing real time information in order to assure the quality of the final product. The objective of this work is to investigate the potential of non-destructive techniques associated with chemometric data analysis, to monitor time-related changes that occur during red wine fermentation. Eight micro-fermentation trials conducted in the Valtellina region (Northern Italy). El presente trabajo muestra los resultados cromatográficos y electroquímicos para el monitoreo de la fermentación alcohólica de miel de abejas sin aguijón y relaciones entre ellos, para la obtención de una bebida alcohólica conocida como hidromiel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó miel de *Tetragonisca angustula* proveniente del Jardín Botánico de Medellín, Colombia, y polen apícola proveniente del municipio de Viracachá, Boyacá, con un contenido de proteína de 17,4%. La miel se diluyó con agua potable comercial hasta obtener una solución de $185,3 \pm 4,5$ g/L de azúcares. Se realizaron ensayos con adición de 4 g/L de polen (E1) y sin adición (E2) por duplicado. Las fermentaciones se realizaron utilizando *Saccharomyces cerevisiae* a 25 °C durante 11 días y se efectuó el seguimiento de glucosa, fructosa, sacarosa y etanol utilizando un cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC) Jasco Serie LC-900 con detector de índice de refracción (Jasco RI-2031 Plus) y una columna SUPELCOGEL™ Ca (Sigma-Aldrich Co.) LC-18 (9 μ m, 300 x 7,8 mm) bajo las siguientes condiciones: 0,5 mL/min, 80 °C, volumen de inyección de 20 μ L y agua desionizada y desgasificada como fase móvil. El monitoreo mediante análisis electroquímico se realizó utilizando un multipotenciostato marca Palmsens, con microsensores voltamétricos de BVT Technologies con electrodos de trabajo de cobre y electrodo de referencia Ag/AgCl. Se utilizó la metodología reportada por Marioli y Kuwana (1992). Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) utilizando el software Matlab 7.9.0 R2009b y la correlación lineal univariada utilizando Microsoft Excel 2010®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de los mostos y los hidromieles obtenidos se presenta en la Tabla 1. No se encontraron diferencias significativas para los parámetros evaluados, excepto para la acidez volátil, la cual fue mayor para los hidromieles sin adición de polen debido al menor contenido de nitrógeno al inicio de la fermentación. El contenido de etanol obtenido es muy cercano a los valores teóricos calculados según el consumo de azúcares (E1: 10,7% y E2: 10,3%).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los mostos e hidromieles

	Mostos				Hidromieles		
	pH	Azúcares (g/L)	Etanol (%v)	Acidez volátil (g/L ácido acético)	pH	Azúcares (g/L)	Corriente máxima (μ A)
E1	4,5	188,5	10,3 \pm 0,4 ^a	0,36 \pm 0,02 ^a	4,0 \pm 0,0 ^a	6,3 \pm 0,3 ^a	28,1 \pm 6,8 ^a
E2	4,6	182,2	10,5 \pm 0,2 ^a	0,47 \pm 0,00 ^b	4,0 \pm 0,0 ^a	6,3 \pm 0,7 ^a	33,0 \pm 0,3 ^a

Los datos se presentan como "promedio \pm desviación estándar". Letras diferentes en las columnas representan diferencias significativas entre ensayos.

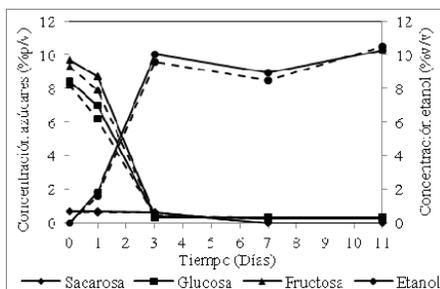


Figura 1. Cambios en el contenido de azúcares y etanol durante la fermentación. E1, línea continua; E2, línea discontinua.

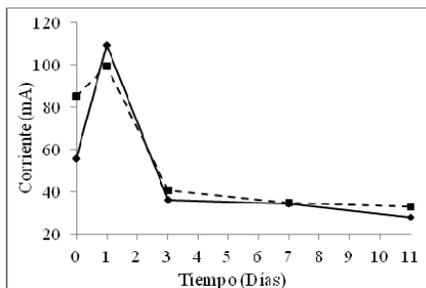


Figura 2. Comportamiento de la corriente máxima para el electrodo de cobre. E1, línea continua; E2, línea discontinua.

Los resultados del monitoreo de los ensayos mediante HPLC son mostrados en la Figura 1. Se observa que los azúcares reductores son rápidamente consumidos por la levadura, mientras que la sacarosa permanece prácticamente constante. A partir del tercer día, la concentración de azúcares reductores se estabiliza y la sacarosa empieza a ser consumida. La producción de etanol también se estabiliza a partir del tercer día. No existen diferencias apreciables entre los ensayos para los perfiles de consumo de azúcares así como para los de producción de etanol.

En la Figura 2 se grafica la corriente máxima obtenida mediante voltametría a lo largo de la fermentación. Se aprecia una relación entre los perfiles cromatográficos presentados en la Figura 1 y el comportamiento de la corriente máxima obtenida a lo largo del tiempo, la cual se estabiliza a partir del tercer

día de fermentación, lo que coincide con el comportamiento de los azúcares. Por otro lado, se obtuvieron correlaciones lineales (Tabla 2) entre el consumo de azúcares (AZ, en g/L) y la corriente máxima para el electrodo de cobre ($A_{\text{máx}}$, en μ A) con coeficientes de correlación (R) satisfactorios ($>0,99$).

Tabla 2. Correlación entre el consumo de azúcares y la corriente máxima para el electrodo de cobre

Ensayo	Correlación	R
E1	AZ (g/L) = 2,03A _{máx} (μ A) - 57,60	0,995
E2	AZ (g/L) = 2,18A _{máx} (μ A) - 69,41	0,998

CONCLUSIONES

Se obtuvo una correlación lineal satisfactoria entre los resultados cromatográficos y electroquímicos, así como una coherencia entre los perfiles de consumo de azúcares y de corriente máxima para los electrodos de cobre, generando una herramienta fundamentada en técnicas electroanalíticas que ofrece simplicidad y rapidez en el análisis y monitoreo de bioprocesos, específicamente de la fermentación de miel de abejas sin aguijón.

BIBLIOGRAFÍA

- Buratti, S., D. Ballabio, G. Giovanelli, C. Zuluaga, A. Moles, S. Benedetti and N. Sinelli. 2011. Monitoring of alcoholic fermentation using near infrared and mid infrared spectroscopies combined with electronic nose and electronic tongue. *Analytica Chimica Acta* 697(1-2): 67–74.
- Fuenmayor, C., A. Díaz, C. Zuluaga, M. Quicazán. 2013. Capítulo 27. Honey of colombian stingless bees: Nutritional characteristics and physicochemical quality indicators. pp. 383-394. En: Vit, P., Pedro, S.R.M. y Roubik, D. (eds). *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. Primera edición. Springer New York. 684 p.
- Marioli, J.M., T. Kuwana. 1992. Electrochemical characterization of carbohydrate oxidation at copper electrodes. *Electrochimica Acta* 37(7): 1187–1197.
- Navrátil, M., E. Šturdík, P. Gemeiner. 2001. Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeast. *Biotechnology Letters* 23(12): 977–982.

Monitoreo de la Fermentación de Agraz (*Vaccinium meridionale*) y Miel de *Apis mellifera* Mediante Electroanálisis

Monitoring of Fermentation of Agraz (*Vaccinium meridionale*) and Honey of *Apis mellifera* by Electroanalysis

Amaury Blanco¹; Martha Cuenca²; Marta Quicazán³; Mario Dávila⁴

¹ Ingeniero químico. Joven investigador, Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores de Colciencias. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá ajblancop@unal.edu.co

² Ingeniera química. Candidata a PhD en Ingeniería química. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá mmcuencaq@unal.edu.co

³ Ingeniera química, PhD. Profesora asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá ajblancop@unal.edu.co

⁴ Estudiante de Ingeniería química. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá madavilar@unal.edu.co

Resumen. El agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) es un fruto rojo nativo de Colombia, catalogado como promisorio por sus reconocidas propiedades funcionales y sensoriales, mientras que las propiedades nutracéuticas de la miel de abejas son bien conocidas. En este trabajo se evaluó la fermentación alcohólica de agraz y miel de abejas utilizando *Saccharomyces cerevisiae* a 25°C durante 25 días. El contenido inicial de nitrógeno se ajustó utilizando polen y fosfato de di-amonio. Se evaluó la pasteurización y la sulfitación como métodos de higienización del mosto. Se monitorearon las fermentaciones mediante la cuantificación de azúcares y etanol, y mediante voltametría de onda cuadrada. Se observó un consumo más rápido de los azúcares en los ensayos con adición de fosfato de amonio y una influencia relevante de la fuente de nitrógeno sobre el avance de la fermentación alcohólica de agraz. Se estableció una correspondencia entre el consumo de azúcares y la corriente máxima para el electrodo de cobre.

Palabras clave: Frutos rojos, vino, voltametría, *Saccharomyces cerevisiae*.

Abstract. Blueberry seed (*Vaccinium meridionale* Swartz) is a Colombian native red fruit cataloged as promising due its recognized functional and sensorial properties, while the nutraceutical properties of bee honey are well known. In this work the alcoholic fermentation of blueberry seeds and honey using *Saccharomyces cerevisiae* at 25°C during 25 days was evaluated. The initial nitrogen content was adjusted using pollen and di-ammonium phosphate. Pasteurization and sulfitation were evaluated as sanitation methods of the musts. Fermentations were monitored by the quantification of sugars and ethanol and by square wave voltammetry. A rapid consumption of sugars in tests with di-ammonium phosphate addition and a relevant influence of the nitrogen source over

the progress of alcoholic fermentation of blueberry seeds and honey were observed. A correspondence between sugars consumption and maximum current for the copper electrode was established.

Key words: Red fruits, wine, voltammetry, *Saccharomyces cerevisiae*.

INTRODUCCIÓN

Entre los años 2007 y 2012 el consumo de vinos en Colombia se incrementó en un 61% con un consumo per cápita de 2,4 litros por año (Pérez, 2013). Sin embargo, la producción de vino es una industria poco desarrollada en el país dadas las condiciones climáticas y geográficas desfavorables para la viticultura. Por el contrario, el país cuenta con una diversidad en frutos nativos promisorios con características funcionales y sensoriales excepcionales, entre ellos el agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz), un fruto silvestre (entre 8-20 mm de diámetro) de la zona alto-andina del país, encontrado a alturas entre los 2000-3800 msnm. Se cataloga como fruto rojo debido al color púrpura oscuro, característico del fruto maduro (Valencia *et al.*, .., 1995). El agraz es utilizado principalmente en fresco, en la elaboración de jugos, mermeladas, helados, productos de repostería y elaboración artesanal de vinos (Garzón *et al.*, .., 2010). Es considerado como un fruto promisorio y destacado por su alto contenido de antioxidantes (Ávila *et al.*, .., 2007; Garzón *et al.*, .., 2010). Adicionalmente, la miel de abejas es una sustancia natural rica en azúcares, minerales, proteínas, etc. con propiedades nutricionales y funcionales reconocidas. No obstante, es un producto subvalorado debido a la inexistencia de procesos de transformación asociados a la apicultura. En este trabajo se evaluó el efecto de la fuente de nitrógeno y del método de higienización del mosto sobre la fermentación

alcohólica de agraz y miel para la obtención de una bebida tipo vino, y se presentan los resultados cromatográficos y electroquímicos resultantes del monitoreo de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó miel de abejas *Apis mellifera* cristalizada proveniente del municipio de San Mateo, Boyacá y agraz proveniente del municipio de Ubaté, Cundinamarca. Los frutos fueron lavados, seleccionados, desinfectados y estrujados para la elaboración de un zumo al 30%. El contenido de azúcares totales de los ensayos se ajustó en 205,2 g/L adicionando miel de abejas. Se realizaron ensayos según un diseño factorial completo 2² según la Tabla 1 para determinar el efecto de la adición de fuente de nitrógeno (140 mgN/L mosto): polen (PO) y fosfato de di-amonio (FA); y del método de higienización del mosto: pasteurización (PA, 65°C por 20 minutos) y sulfitación (SU, 100 ppm de metabisulfito de sodio).

Tabla 1. Diseño experimental empleado en la investigación

Ensayo	E1	E2	E3	E4
Fuente de nitrógeno	PO	FA	PO	FA
Método de higienización	PA	PA	SU	SU

Las fermentaciones se realizaron a 25°C usando *Saccharomyces cerevisiae* y se efectuó el seguimiento del consumo de glucosa, fructosa y sacarosa, y de producción de etanol utilizando un cromatógrafo líquido de alta eficiencia Jasco Serie LC-900 con detector de índice de refracción (Jasco RI-2031 Plus) y una columna SUPELCOGEL™ Ca (Sigma-Aldrich Co.) LC-18 (9µm, 300 x 7,8mm) bajo las siguientes condiciones: 0,5mL/min, 80°C, volumen de inyección de 20µL y agua desionizada y desgasificada como fase móvil utilizando un detector de índice de refracción durante 25 días. El monitoreo mediante análisis electroquímico se realizó utilizando un multipotenciostato marca PalmSens, con microsensores voltamétricos de BVT Technologies con electrodos de trabajo de cobre y electrodo de referencia Ag/AgCl. Se utilizó la metodología reportada por Marioli & Kuwana, 1992. La correlación se realizó mediante mínimos cuadrados ordinarios utilizando el software Matlab 7.9.0 R2009b.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los perfiles de consumo de azúcares y de producción de etanol. Se observa un consumo de azúcares más lento para los ensayos E1 y E3, lo cual puede asociarse a la complejidad de la estructura del polen y la baja disponibilidad de nitrógeno y demás nutrientes al inicio de la

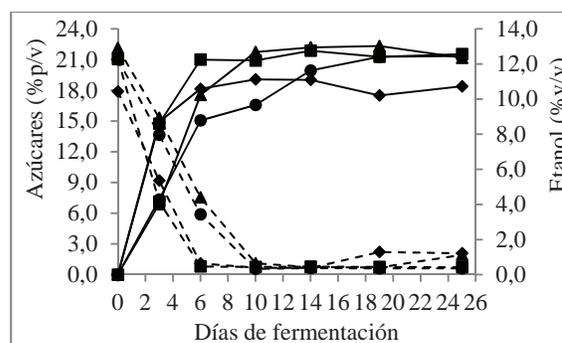


Figura 1. Comportamiento de azúcares totales (línea punteada) y etanol (línea continua) • E1; ■ E2; ▲ E3; ◆ E4

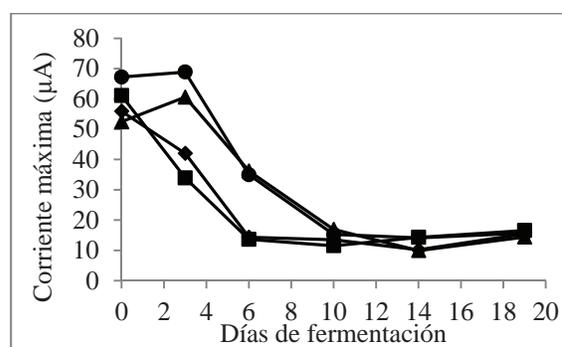


Figura 2. Comportamiento de la corriente máxima a lo largo del tiempo • E1; ■ E2; ▲ E3; ◆ E4

fermentación. Además, se observa en la Figura 1 que hasta el día 6, la producción de etanol es inferior para estos ensayos; sin embargo, la producción global de etanol es comparable con los demás ensayos, lo cual puede estar relacionado con una ruptura de la estructura del polen y liberación de los nutrientes a partir del día 6, los cuales son consumidos por la levadura.

En la Figura 2 se observan los perfiles de la corriente máxima para el electrodo de cobre, los cuales presentan una tendencia similar a la del consumo de azúcares presentados en la Figura 1. La corriente máxima se estabiliza al mismo tiempo que el consumo de los azúcares. Se observa que los ensayos con la misma adición de fuente de nitrógeno muestran igual tendencia para el consumo de azúcares, así como para la corriente eléctrica, no siendo así para el método de higienización. Se obtuvieron correlaciones lineales multivariadas para la predicción del contenido de azúcares totales (AZ, %p/v) a partir de los grados Brix (Bx) y la corriente máxima para el electrodo de cobre (Amáx, µA). En la Tabla 2 se presentan los coeficientes

del modelo, el coeficiente de correlación R y la raíz cuadrada media del error en la validación cruzada RMSECV.

Tabla 2. Correlaciones entre el contenido de azúcares, grados Brix y la corriente máxima

Ensayo	Modelo	R	RMSEC
E1	$AZ = -13,4357 + 1,6234Bx - 0,0077Amáx$	0,999	1,477
E2	$AZ = -12,4832 + 1,3702Bx + 0,0590Amáx$	1,000	0,734
E3	$AZ = -14,0802 + 1,6971Bx - 0,0142Amáx$	0,999	2,217
E4	$AZ = -8,1488 + 0,8064Bx + 0,1470Amáx$	0,995	4,000

CONCLUSIONES

El método de higienización no ejerce una influencia sobre el avance de la fermentación alcohólica de agraz y miel de abejas. Las fermentaciones con polen requieren más tiempo para lograr la estabilización del consumo de azúcares (10 días) que aquellas con fosfato de di-amonio (6 días). En términos de producción global de etanol, no se evidencian diferencias

entre las fuentes de nitrógeno evaluadas. Existe una correlación entre el consumo de azúcares y la corriente máxima a lo largo del tiempo, generando una herramienta electroquímica para el monitoreo rápido y sencillo de la fermentación alcohólica de agraz y miel de abejas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, H., J. Cuspoca, G. Fischer, G. Ligarreto, M. Quicazán. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2°C. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín 60(2):4179-4193.
- Garzón, G., C. Narváez, K. Riedl and S. Schwartz. 2010. Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. Food Chemistry 122: 980-986.
- Pérez, V. 2013. El consumo de vino ha crecido 61% en los últimos cinco años. En: Diario La República http://www.larepublica.co/empresas/el-consumo-de-vino-ha-crecido-61-en-los-últimos-cinco-años_38441; abril de 2014.
- Valencia, M., N. Lozano. 1995. Anatomía del fruto del agraz *Vaccinium meridionale* Swartz. Acta Biológica Colombiana 9:159-172.

Efecto de Temperatura y Presión sobre Viabilidad de *Sacharomyces boulardii* Microencapsulados mediante Secado por Atomización

Effect of Temperature and Pressure Over Viability of Microencapsulated Saccharomyces boulardii by Spray Drying

Jeimmy Rocio Bonilla¹; José Luis Hoyos²

1 Ingeniera Agroindustrial. C. MSc. Diseño y Gestión de Procesos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, jrbonilla@unicauca.edu.co

2 Ingeniero Agroindustrial. M.Sc. Ingeniería de alimentos. Profesor Asociado. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia, jlhoyos@unicauca.edu.co

Resumen. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de temperatura y presión sobre la viabilidad de cultivo probiótico de *Sacharomyces boulardii* microencapsulado por secado por atomización. La temperatura del aire de entrada y la composición del medio portador fueron evaluadas. La temperatura del aire de entrada mostró mayor influencia sobre la viabilidad que la composición del medio portador. Se evaluó el efecto de presión y temperatura y los resultados indicaron que el secado por atomización ofrece protección frente a condiciones como las evaluadas, comparado con los microorganismos sin encapsular.

Palabras claves: Probióticos, protección, supervivencia.

Abstract. The objective of this study was to evaluate the effect of temperature and pressure over the viability of probiotic cultures of *Saccharomyces boulardii* microencapsulated by spray drying. The inlet air temperature and carrier medium composition were evaluated. The inlet air temperature shown greater influence over the viability than the carrier medium composition. Effect of pressure and temperature were evaluated and the results indicated that the spray drying showed provide protection against the tested conditions as compared to non-encapsulated microorganisms.

Key words: Probiotics, protection, survival.

INTRODUCCIÓN

Los efectos benéficos de los probióticos sobre la flora intestinal incluyen efectos antagonistas e inmunes, los cuales están fuertemente influenciados por la capacidad de los microorganismos probióticos para sobrevivir y multiplicarse. Varias alternativas han sido propuestas para incrementar la resistencia de probióticos a condiciones adversas, entre ellas la microencapsulación (Kumar y Singh, 2007). En el área de los probióticos, la microencapsulación ofrece múltiples beneficios en procesos tecnológicos en la industria alimenticia, como la disminución de problemas de contaminación, mejor supervivencia a la exposición a soluciones gástricas y biliares, mejor estabilidad en almacenamiento, mejor supervivencia al calentamiento y congelación, etc. (Champagne y Fuster, 2007). A pesar de que varios estudios han sido realizados para evaluar la encapsulación de microorganismos probióticos (Burgain *et al.*, 2011; Champagne y Fustier, 2007; Durán, 2007; Boza *et al.*, 2004; O'riordan *et al.*, 2001), son pocos los estudios que han evaluado la supervivencia de probióticos bajo condiciones que suelen ser empleadas en procesos tecnológicos, por lo que este estudio, buscó evaluar el efecto de la aplicación de condiciones adversas de presión y temperatura sobre la viabilidad de *Sacharomyces boulardii* encapsulados por secado por atomización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microencapsulación mediante secado por atomización.

Se empleó un diseño factorial 3k, evaluando temperatura del aire de entrada con tres niveles (100, 130 y 140 °C) y composición del medio portador con tres niveles (leche en polvo descremada (LPD), leche en polvo descremada (LPD) - maltodextrina (MD) y leche en polvo descremada (LPD) - polidextrosa (PD)). Las células de *Sacharomyces boulardii* liofilizadas con una concentración inicial de 2 x 10¹⁰ UFC/g, fueron mezcladas en una proporción del 5 % (p/v) respecto al total de medio portador. Se empleó un secador por atomización a escala piloto de Shangai Pilotech Instrument and Equipment Co. Ltd., en la Universidad La Gran Colombia Sede Armenia. La temperatura de salida del aire fue de 70 °C. Los microorganismos encapsulados fueron homogenizados y almacenados en viales estériles a 4 °C para los ensayos de viabilidad (Boza *et al.*, 2004). Se diluyeron 0,1 g de los microorganismos encapsulados en 10 mL de agua peptonada y se realizaron hasta ocho diluciones seriadas, a partir de los cuales se inocularon 0,1 mL en PDA a 30 °C por 72 horas.

Efecto de la presión y temperatura. Los microorganismos encapsulados obtenidos bajo las condiciones determinadas (tratamiento 4), fueron sometidos a condiciones adversas

de temperatura y presión por 45 segundos, las cuales fueron simuladas en un biorreactor de 5 L (Marca Centricol). Se usó un diseño factorial 2^k, con temperatura de 60 y 70 °C y presión abs. de 1,5 y 2 atmósferas. El análisis estadístico se realizó por SPSS Statistics 17.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microencapsulación por secado por atomización. El análisis estadístico de los tratamientos evaluados mostró que tanto la temperatura del aire de entrada como la composición del medio portador, presentaron influencia sobre la viabilidad de los microorganismos (Ver Tabla 1). La interacción entre temperatura de secado y composición presentó mayor influencia, seguido de la temperatura de secado y finalmente composición del medio. En cuanto a los tratamientos evaluados con LPD, y LPD-MD, el conteo celular, disminuyó a 140 °C, mientras para LPD - PD, se observó un incremento de la viabilidad de 130 °C a 140 °C. Resultados similares se han obtenido en otros estudios para *Bifidobacterium bifidum* BB02 y *Bifidobacterium* PL1 (Durán, 2007; O'Riordan *et al.*, 2001), lo cual puede ser atribuido a que, para esta matriz, posiblemente el secado a 100 y 130 °C sea un proceso lento, conduciendo a poca consolidación de la matriz coloidal protectora y consecuentemente a una menor viabilidad, mientras que a 140 °C se logra una velocidad de secado moderada lo cual permite obtener polvos con una configuración más robusta y resistente a la fractura y difusión de solutos (Durán, 2007).

Tabla 1. Viabilidad de *S. boulardii* encapsulado por secado por atomización

Tratamiento	Temperatura de entrada del aire de secado (°C)	Composición del medio portador	Viabilidad de <i>S. boulardii</i> (UFC/g)
1	100	LPD	4,2 x 10 ⁸ ± 0,310b
2	130	LPD	4,6 x 10 ⁸ ± 0,461b
3	140	LPD	1,4 x 10 ⁸ ± 0,145a
4	100	LPD + MD	7,6 x 10 ⁸ ± 1,236c
5	130	LPD + MD	6,1 x 10 ⁸ ± 0,451bc
6	140	LPD + MD	1,3 x 10 ⁸ ± 1,172a
7	100	LPD + PD	5,9 x 10 ⁸ ± 0,425bc
8	130	LPD + PD	1,2 x 10 ⁸ ± 0,110a
9	140	LPD + PD	7,3 x 10 ⁸ ± 0,715c

Agrupación prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0,05$)

Efecto de la presión y temperatura. Los resultados mostraron que el secado por atomización puede ser una buena técnica para proteger a estos microorganismos al ser sometidos a condiciones como las evaluadas (Ver Tabla 2). El análisis de varianza mostró que para *S. boulardii* la variación de la temperatura y presión evaluadas no tuvo un efecto significativo sobre la viabilidad de este. La aplicación de las

diferentes condiciones de temperatura y presión causó una reducción de 97,5 % a 98,29 %. Esto confirma que el secado por atomización mostró ser favorable para la protección de los microorganismos evaluados de condiciones adversas de presión y temperatura.

Tabla 2. Efecto de la presión y temperatura sobre la viabilidad de *S. boulardii*

Micro encapsulación	Viabilidad (UFC/g)			
	60 °C-1,5atm	60 °C-2atm	70 °C-1,5atm	70 °C - 2atm
S. boulardii microencapsulado	1,9 x 10 ⁷ ± 0,50	1,7 x 10 ⁷ ± 0,62	1,5 x 10 ⁷ ± 0,40	1,3 x 10 ⁷ ± 0,42
S. boulardii Libre	0	0	0	0

Agrupación prueba de promedios de Tukey ($\alpha=0,05$)

CONCLUSIÓN

El estudio de viabilidad de los microorganismos mostró que las células sometidas a secado por atomización, presentaron una supervivencia considerable, lo cual puede estar relacionado con la matriz vítrea formada por la deshidratación en el proceso de secado por atomización, la cual confiere estabilidad a largo plazo a los sistemas vivos microencapsulados.

Los estudios de presión y temperatura, indicaron que el secado por atomización mostró ser favorable para la protección de los microorganismos evaluados de condiciones adversas de estas variables.

Efecto de los Hidrocoloides en la Estabilidad de Pulpa de Uchuva (*Physalis peruviana L.*)

Effect of Hydrocolloids in the Stability of Pulp Uchuva (Physalis peruviana L.)

Duque C; Alba Lucia¹; Giraldo G; Germán Antonio²; Cortes R, Misael³.

1 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Química, Universidad del Quindío.

Grupo Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales. albdunque@uniquindio.edu.co

2 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío.

Grupo Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales. ggiraldo@uniquindio.edu.co

3 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. mcortesro@unal.edu.co

Resumen. La pulpa de uchuva (*Physalis peruviana L.*), es una excelente fuente de vitaminas y minerales, en especial de betacarotenos, vitamina C y potasio. Los hidrocoloides como la carboximetilcelulosa (CMC) son en su mayoría hidratos de carbono complejos que se añaden a los productos alimenticios líquidos o semilíquidos para aumentar la estabilidad de los mismos. En este trabajo se estudió la influencia del hidrocoloide de referencia carboximetilcelulosa

(CMC) 400, 350 y 200 mPa.s a diferentes concentraciones en la estabilidad de la pulpa de uchuva. Los resultados obtenidos mostraron que la pulpa de uchuva mezclada con el hidrocoloide referencia 400 mPa.s al 0,45% en peso presentó en promedio una estabilidad del 98,5%.

Palabras clave: Jugo, carboximetilcelulosa, concentración, sólidos en suspensión.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Boza, Y., D. Barbin and A. Scamparini. 2004. Effect of spray-drying on the quality of encapsulated cells of *Beijerinckia* sp. *Process Biochemistry* 39 (10): 1275-1284.
- Burgain, J., C. Gaiani, M. Linder and J. Scher. 2011. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104(4): 467–483.
- Champagne, C. and P. Fustier. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology* 18(2): 184–190.
- Durán Lugo, Reyna. 2007. Viabilidad de *Bifidobacterium bifidum* BB02 microencapsulado en matrices biopoliméricas por secado por aspersión en presencia de aguamiel como prebiótico termo-protector. Tesis especialista en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad de Iztapalapa. México. 65p.
- O'riordan, K., D.K. AndrewsBuckle and P. Conway. 2001. Evaluation of microencapsulation of a *Bifidobacterium* strain with starch as an approach to prolonging viability during storage. *Journal of Applied Microbiology* 91(6): 1059-1066.

Abstract. Cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*) pulp of is an excellent source of vitamins and minerals, particularly beta-carotene, vitamin C and potassium. Hydrocolloids such as carboxymethylcellulose (CMC) are mostly complex carbohydrates are added to liquid or semi-liquid food products to increase their stability. In this work the influence of different concentrations reference hydrocolloid CMC 400, 350 and 200 mPa.sa on the stability of the Cape gooseberry pulp was studied. The results showed that the Cape gooseberry pulp mixed with the hydrocolloid reference 400 mPa.s to 0.45% by weight showed an average 98.5% stability.

Key words: Juice, carboxymethylcellulose, concentration, suspended solids.

INTRODUCCIÓN

La pulpa de fruta es un sistema multifásico con fase continua acuosa y fase dispersa sólida. La fase acuosa es una disolución de azúcares, sales y otros solutos de bajo peso molecular, y la fase dispersa cuenta con solutos como proteínas solubles (Martinez *et al.*, ., 1998). La pulpa o jugo de uchuva (*Physalis Peruviana L.*), presenta humedad de $86,1 \pm 0,45\%$; actividad de agua de $0,987 \pm 0,0$; sólidos solubles de $13,6 \pm 0,59$; pH $3,80 \pm 0,1$ y acidez expresada como porcentaje de ácido cítrico de $1,59 \pm 0,11$, composición reportada por (Duque *et al.*, ., 2010) y un alto contenido de azúcares, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, además vitaminas A, B y C (ácido ascórbico) y minerales como hierro, calcio y fósforo (Flórez *et al.*, ., 2000 y Fisher y Romero, 2005). Los hidrocoloides o gomas son aquellas sustancias químicas solubles que, por la propiedad de dispersarse fácilmente en el agua actúan sobre la estructura, la consistencia y por consiguiente, sobre las propiedades funcionales de los alimentos dándole un efecto gelificante. El hidrocoloide se puede emplear como estabilizante de suspensiones y emulsiones, en la retención de agua, no tiene influencia directa en el sabor de los alimentos, pero si un efecto significativo en formación de gel, retención de agua, emulsión y encapsulación de aroma (Carr, 1993). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto causado por el hidrocoloide en la estabilidad (porcentaje de separación de fases) de pulpa de uchuva (*Physalis peruviana L.*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de uchuva se adquirieron en el mercado de la ciudad de Armenia, con grado de madurez similar (fruto de color amarillo, 14°Brix), sin daños mecánicos aparentes. Los frutos seleccionados y pesados se lavaron con agua potable para eliminar materiales extraños y se desinfectaron con solución de hipoclorito a 150 ppm durante 3 minutos; se licuaron y filtraron

con una malla de tamaño de poro de $100\mu\text{m}$, eliminando los sólidos provenientes de cáscara, semilla y fibra insoluble. Se utilizó el hidrocoloide CMC de referencia 400, 350 y 200 mPa.s, a diferentes concentraciones: 0.05; 0.1; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50 y 0.55% P/V. Las muestras fueron almacenadas a 10°C durante 6 días, analizando cada dos días la estabilidad y °Brix.

Estabilidad del hidrocoloide en pulpa de uchuva (*Physalis Peruviana L.*). Se tomaron 11 disoluciones para la CMC referencia 400 mPa.s, 11 para la referencia 350 mPa.s y 11 para la referencia 200 mPa.s, cada muestra con 250 mL de pulpa; el hidrocoloide se adicionó a diferentes concentraciones así: 0.05; 0.1; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50 y 0.55% P/V CMC.

Determinación de las propiedades fisicoquímicas.

La pulpa fresca y pulpa estabilizadas con el hidrocoloide se evaluaron por triplicado así: los °Brix con un refractómetro THERMO modelo 334610, siguiendo el método AOAC 932.12, la densidad por el método potenciométrico, la estabilidad de las disoluciones por el método porcentaje de separación de fases (precipitación de sólidos solubles) expresada en función de la ecuación 1). Los análisis estadísticos se realizaron por análisis de varianza (ANOVA) en el software STATGRAPHICS CENTURION XVI.

$$\% \text{estabiidad} = \frac{h_0 - h_s}{h_0} \times 100 \quad (1)$$

Donde: h_s : nivel de sólidos insolubles precipitados y h_0 : altura inicial de la pulpa a tiempo cero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se presenta el comportamiento de los °Brix y la densidad de las disoluciones de pulpa de uchuva con hidrocoloide referencia 400, 350 y 200 mPa.s.

Como se observa en las Figuras a) y b); no se presenta una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de CMC con los °Brix y la densidad de la disolución, debido a que el valor-P es mayor que 0,05 con un nivel de confianza del 95,0%; esto puede ser debido a que la concentración de CMC es fisiológicamente inerte y no afecta el sabor de los jugos, y la concentración adicionada es muy pequeña al compararla con la solución total, a pesar de que el peso molecular del polímero es muy alto comparado con el del agua que es muy pequeño. Estudios realizados por (Colato y Xidieh, 2005), reportaron que a mayor contenido de sólidos solubles disueltos en el jugo de champiñón se incrementó la densidad y viscosidad debido al aumento de los enlaces hidrógeno con los grupos hidroxilo y

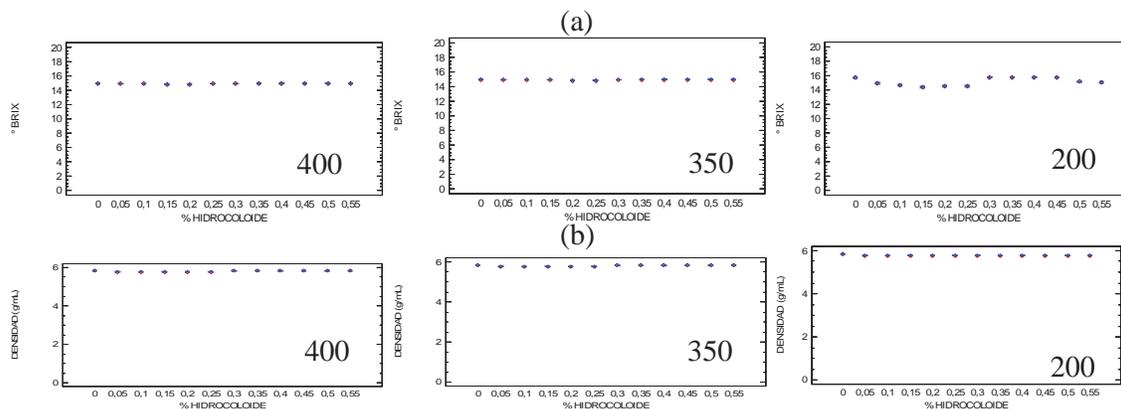


Figura 1. Brix y densidad promedio del hidrocoloide en pulpa de uchuva.

la deformación de las moléculas de soluto por la hidratación.

En las Figuras 2 y 3, se muestra la estabilidad de la pulpa de uchuva con relación a la concentración de CMC y el tiempo. Los tratamientos con estabilizante referencia 400, 350 y 200 mPa.s, presentaron una diferencia estadísticamente significativa entre la estabilidad de la disolución y algunas concentraciones de CMC, debido a que el valor-P para % estabilidad es menor que 0,05 con un nivel de confianza del 95,0%.

En la Figura 2, se observa que el estabilizante 400 con concentración 0,45% fue el que presentó mayor estabilidad en la pulpa de uchuva con un rendimiento del $97\% \pm 0,1$; el estabilizante 350 a 0,5% presentó mayor % de estabilidad, alcanzando un rendimiento del $91 \pm 0,2\%$; mientras que a 0,55% el equilibrio del sistema decae debido probablemente a que el hidrocoloide ya no ejerce ningún efecto en la estabilidad del sistema por niveles máximos de retención de agua. La de pulpa de uchuva con hidrocoloide 200 a concentraciones

de 0,45; 0,50 y 0,55%, presentaron su mayor porcentaje de estabilidad con un rendimiento del $90\% \pm 0,1$. Resultados similares a los reportados por (Hamed *et al.*, .., 2008) en bebidas de naranja donde la pérdida de turbidez disminuyó con el aumento en la concentración de pectina o CMC, reflejándose una relación directa entre la pectina o la concentración de CMC y su capacidad para mantener la nubosidad durante el almacenamiento. Las emulsiones de bebidas con CMC exhibieron un mayor grado de nubosidad en comparación con los que contenían pectina. La respuesta de la concentración (0,45 a 0,5%) en este trabajo, coincide con los valores reportados por AMTEX para jugos y néctares (0,07-1,0%).

La Figura 3, muestra una estabilidad casi constante a través del tiempo de la pulpa con estabilizante de 400 mPa.s en; mientras que con los estabilizantes 350 mPa.s y 200 mPa.s 0,45% la estabilidad disminuyó desde el inicio hasta el cuarto día donde se vuelve constante. Esto puede ser debido a que

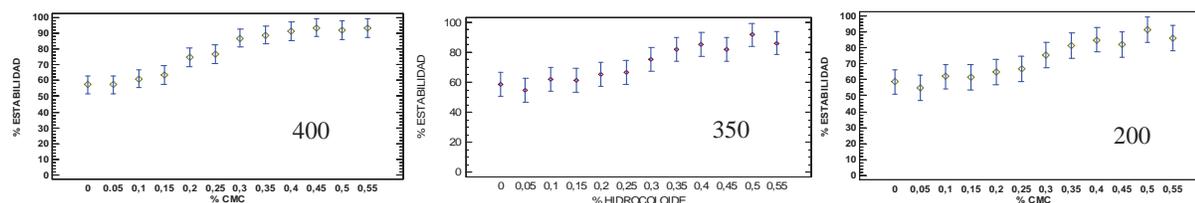


Figura 2. Porcentaje de estabilidad de la pulpa de uchuva con CMC

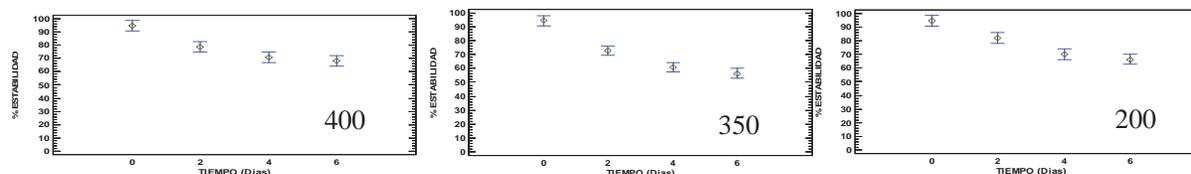


Figura 3. Porcentaje de estabilidad de la pulpa de uchuva a través del tiempo.

la estructura molecular del estabilizante tiene fracciones hidrofílicas e hidrofóbicas que le dan un carácter estabilizante de los sistemas coloidales.

CONCLUSIÓN

La adición de CMC a jugos de baja viscosidad favorece la disminución de la sinéresis haciendo que los sólidos permanezcan en solución, aumentando la estabilidad de los mismos. La pulpa de uchuva con hidrocoloide de referencia 400 mPa.s al 0,45% de concentración, presentó mayor estabilidad al cuarto día de tratamiento con un rendimiento del 97%.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1980. Official methods of Analysis. 16 th Edition. Association of official Analytical Chemists. Washington D.C. USA.
- AMTEX. 2010. Productores de CMC en el Continente Americano.
- Carr, J. M. 1993. Hydrocolloids and stabilizers. Food Technol. Vol 47:100-104.
- Colato, G., F. Xidieh. 2005. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. Journal of Food Engineering 66: 413–417
- Duque C.A., C.V. Quintero y G.G. Giraldo. 2010. Caracterización de Fruta y Pulpa de Uchuva (*Physalis peruviana L.*) Para la elaboración de jugos. Artículo en estudio Revista de Investigaciones. Universidad del Quindío.
- Fisher G., J. Piedrahita, Romero. 2005. Avances del cultivo, Poscosecha y Exportación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, ISBN: 958-701-603-3.
- Flórez, J.V., G. Fisher y D.S. Ángel. 2000. Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana L.*). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. ISBN: 958-8051-74-6.
- Hamed M., C.P. Tan., A. Arezou., Nazimah S.A. Hamid, S. Yusof and H.C. Boo. 2008. Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage. Carbohydrate Polymers 73:83–91.
- Martínez, N., A. G. Nuria., A. A. Chiralt y P. M. Fito. 1998. Termodinámica y cinética de sistemas Alimento Entorno. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Evaluación de Materiales de Pared en la Encapsulación de una Bacteria Acido Láctica

Evaluation of Wall Materials in the Encapsulation of Lactic Acid Bacteria

Serna-Cock Liliana¹; García-González Estefania²; Cardona-Sánchez Lina María.³

1, 2, 3 Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira Carrera 32 No 12- 00, 1lserna@unal.edu.co, 2egarciagon@unal.edu.co, 3lmcardonas@unal.edu.co
Autor de correspondencia

Resumen. Se evaluó la viabilidad de *Weissella confusa*, encapsulada en 10 materiales de pared, los cuales contenían gel de aloe vera, almidón, y diferentes mezclas de aloe vera y almidón. Las células vivas en concentración de 10^{11} UFC/g, fueron encapsuladas, liofilizadas, y almacenadas durante 1 semana a 4°C y 50% de HR. Las bacterias ácido lácticas perdieron drásticamente la viabilidad en la encapsulación y en el almacenamiento (disminución de 3 ciclos logarítmicos). Sin embargo, las bacterias encapsuladas en aloe vera, disminuyeron la viabilidad en sólo 2 ciclos logarítmicos. En futuras investigaciones se debe evaluar las condiciones de liofilización a fin de optimizar la viabilidad en el proceso.

Palabras clave: Probiótico, liofilización, aloe, almidón, *Weissella*.

Abstract. Viability of encapsulated *Weissella confusa* in ten wall materials was evaluated. The wall materials contained aloe vera gel, starch, and various mixtures of aloe vera and starch. The living lactic acid bacteria, in a concentration of 10^{11} CFU/g, were encapsulated, lyophilized, and stored for 1 week at 4 ° C and 50% RH. Lactic acid bacteria lost their viability drastically, during encapsulation and storage (decreased 3 logarithmic cycles). However, encapsulated bacteria in aloe vera decreased the viability in only two logarithmic cycles. In future research, the lyophilization conditions should be evaluated to optimize the viability in the process.

Key words: Probiotic, freeze dry, aloe, starch, *Weissella*.

INTRODUCCIÓN

Weissella confusa es una bacteria ácido láctica, que en la actualidad se le considera con potencial probiótico (Nam *et al.*, ., 2002). Para que el microorganismo sea considerado probiótico, debe mantenerse vivo en cantidades de 10⁷ a 10⁹, durante el procesamiento y durante su almacenamiento (Araya *et al.*, ., 2002). Los materiales de encapsulación basados en azúcares pueden proveer protección a las células (Chavez y Ledebouer, 2007). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de 10 materiales de pared para mantener la viabilidad de la bacteria ácido láctica *W. confusa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la bacteria ácido láctica *Weissella confusa*, la cual se reprodujo en fermentaciones en discontinuo según el procedimiento descrito por (Serna *et al.*, ., 2010). El fermentado se centrifugó y el precipitado se lavó con 5 mL de NaCl al 0,9% y con 10 ml de agua destilada estéril. Posteriormente las células se encapsularon. Para la encapsulación se empleó gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) almacenado a 4°C y almidón modificado (Industrias del maíz AMISOL 2143, Colombia) en tres concentraciones, 5, 10 y 15%. Se evaluaron 10 tratamientos: gel de aloe vera puro (AL100), al 90% (AL90), 70% (AL70), 50% (AL50), concentraciones de almidón al 15% (A15), al 10% (A10), y al 5% (A5); y se evaluaron las mezclas entre los dos materiales, AL100 + Almidón 15 (ALA15), AL100 + Almidón 10% (ALA10) y AL100 + Almidón 5% (ALA5). Para el tratamiento control se emplearon células libres diluidas

en agua destilada estéril (CL). Se utilizó una relación de 1:4 (*Weissella* – material de encapsulación). La mezcla se liofilizó (Eyela FDU 1100, Japón). Las células encapsuladas y no encapsuladas se almacenaron durante una semana en bolsas plásticas colaminadas de baja transmisión de vapor de agua (de 4,4-4,9 g/m²/h/atm).

El conteo de células viables se realizó en placa, (agar MRS, 48 h, 37°C), el conteo se expresó en UFC g⁻¹. La viabilidad de la cepa probiótica se determinó con la ecuación 1, y la viabilidad en el almacenamiento se determinó con la ecuación 2:

$$\% \text{Viabilidad}_{\text{encap}} = \frac{N}{N_0} \quad (1)$$

$$\% \text{Viabilidad}_{\text{almacen}} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2)$$

Donde, N₀ es el número de bacterias por ml antes de encapsulación, N es el número de bacterias rehidratadas por ml después de la encapsulación, N₁ número de bacterias por ml después de la encapsulación y N₂ número de bacterias después de una semana de almacenamiento.

Se utilizó un diseño unifactorial, material de pared, con diez niveles (tratamientos descritos arriba). La variable de respuesta fue el porcentaje de viabilidad celular, la cual se midió en 2 tiempos (0 y 1 semana de almacenamiento). Se realizó prueba Tukey para diferencias entre medias con nivel de significancia de $p < 0,0001$. Los datos se analizaron a través del software SAS versión 9.3.

Tabla 1. Porcentaje de viabilidad (V) de *W. confusa* después del proceso de encapsulación (V_{encap}) y después de una semana de almacenamiento (V_{alm}). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos después de la encapsulación. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos después de una semana de almacenamiento.

Tto	Vencap %	Valm %	Tto	Vencap %	Valm %
CL	0,017 ± 0,002d	19,688 ± 4,860BC	A10	0,000d	0,000E
AL100	0,118 ± 0,01b	23,347 ± 0,620B	A5	0,004 ± 0,001d	0,000E
AL90	0,177 ± 0,01a	20,387 ± 0,180BC	ALA15	0,018 ± 0,001 d	62,222 ± 4,480A
AL70	0,020 ± 0,004d	22,500 ± 4,470B	ALA10	0,010 ± 0,001 d	0,000E
AL50	0,060 ± 0,01c	9,016 ± 3,700CD	ALA5	0,003 ± 0,001 d	4,545 ± 1,280DE
A15	0,000d	0,000E	-	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados de viabilidad en el proceso de encapsulación. Todos los tratamientos presentaron viabilidades inferiores a 0,2%. Esto se explica porque en la etapa de congelación los cristales de agua generan cambios en la permeabilidad y desnaturalizan las proteínas de la membrana celular (De Giulio *et al.*, ., 2005), sumado a la baja solubilidad del almidón lo que conlleva a una posible nucleación y cristalización del material (Pehkonen *et al.*, ., 2007), y una baja viabilidad de la liofilización.

Los resultados son comparables con los obtenidos por (Abadías *et al.*, ., 2001), quienes reportan viabilidades del 0,1 al 2,0 % cuando se emplean materiales de encapsulación basados en mono y disacáridos en concentraciones del 1 y 2 mg/mL. Las células encapsuladas que contenían almidón tuvieron los recuentos más bajos y presentaron reducción de 3 ciclos logarítmicos. Por otra parte, el uso de aloe vera mantuvo en mayor porcentaje, la viabilidad de *W. confusa*. Esto se explica porque el aloe vera contiene polisacáridos de 1 a 3 mg/mL. Al cabo de una semana de almacenamiento, el tratamiento ALA15 presentó mejores viabilidades, lo que demuestra que las mezclas de materiales de encapsulación pueden mejorar la viabilidad celular.

CONCLUSIONES

Los materiales de pared utilizados no protegieron la viabilidad de la bacteria ácido láctica, *Weissella confusa*, sin embargo, la pérdida de viabilidad es considerablemente menor, cuando se utilizó aloe vera.

BIBLIOGRAFÍA

Abadías, M., A. Benabarre, N. Teixido, J. Usall and I. Vinas. 2001. Effect of freeze drying and protectants on viability of the biocontrol yeast *Candida sake*. *International Journal of Food Microbiology* 65(3): 173–182.

Araya, M., L. Morelli, G. Reid, M. E. Sanders, C. Stanton, M. Pineiro and P. Ben-Embarek. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. En: Food and Agriculture organization, <http://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf>; consulta: noviembre de 2012.

Chavez, B. E and A. M. Ledebouer. 2007. Drying of Probiotics: Optimization of Formulation and Process to Enhance Storage Survival. *Dry Technology* 25(7-8): 1193-1201.

De Giulio, B., P. Orlando, G. Barba, R. Coppola, M. D. Rosa, A. Sada, P. P. D. Prisco and F. Nazzaro. 2005. Use of alginate and cryo-protective sugars to improve the viability of lactic acid bacteria after freezing and freeze-drying. *World Journal Microbiology Biotechnology* 21(5): 739–746.

Nam, H., M. Ha, O. Bae and Y. Lee. 2002. Effect of *Weissella confusa* Strain PL9001 on the Adherence and Growth of *Helicobacter pylori*. *Appl Environ Microb.* 68(9): 4642-4645.

Pehkonen, K. S., Y. H. Roos, S. Miao, R. P. Ross and C. Stanton. 2008. State transitions and physicochemical aspects of cryoprotection and stabilization in freeze-drying of *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG). *Journal Applied Microbiology* 104(6): 1732–1743.

Serna, L., L. J. Valencia y R. Campos. 2010. Cinética de fermentación y acción antimicrobiana de *Weissella confusa* contra *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae*. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía* 55(1): 55–65.

Evaluación Química de Filetes de Tilapia (*Oreochromis sp.*) Bioconservados Mediante Impregnación al Vacío con Bacterias Ácido Lácticas

*Chemical Evaluation of Tilapia (*Oreochromis sp.*) Fillets Biopreserved by Vacuum Impregnation With Lactic Acid Bacteria*

Constanza Montalvo R¹; Cristina Ramírez T²; Germán Bolívar³.

1 Ing. Agroindustrial. MSc. Ing. De Alimentos. c-PhD. en Ing. de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Calle 13 No. 100 – 00. Ed. 338. E-mail: constanza.montalvo@correounivalle.edu.co

2 Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle.

3 Profesor Titular. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Biología. Universidad del Valle.

Resumen. El deterioro químico del pescado es causado por procesos enzimáticos y microbiológicos que producen compuestos tóxicos. La bioconservación con bacterias ácido lácticas (BAL) mediante impregnación al vacío es una alternativa viable para extender la vida útil de filetes de tilapia. En el presente estudio se evaluó el efecto de la impregnación al vacío con BAL en las propiedades químicas de filetes de tilapia. Los contenidos de bases nitrogenadas volátiles totales (TVB – N) y ácido tiobarbitúrico (TBA) se evaluaron durante 21 días. Se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, con valores máximos de TVB – N de 23,7 mg/100g y de TBA de 0,6 mg/kg de en los filetes bioconservados luego de 21 días, siendo menores a los niveles máximos permitidos para consumo humano. En contraste, las muestras control superaron los límites permitidos luego de 7 días de almacenamiento. Los resultados obtenidos demostraron el potencial bioconservante de la impregnación al vacío con *Lactobacillus plantarum* al extender el tiempo de vida útil de los filetes mediante la reducción en los contenidos de TVB – N y TBA en almacenamiento refrigerado.

Palabras clave: Conservación de alimentos, vida útil, deterioro químico del pescado, *Lactobacillus plantarum*.

Abstract. Fish chemical spoilage is caused by enzymatic and microbiological activities producing toxic degradation compounds. The biopreservation with lactic acid bacteria (LAB) by vacuum impregnation is an available alternative to extend the shelf life of tilapia fillets. In the present study the effect of vacuum impregnation with LAB in the chemical properties of tilapia fillets were evaluated. The total volatile base nitrogen (TVB – N) and thiobarbituric acid (TBA) contents were analyzed for 21 days. Significant differences between treatments were observed ($p > 0.05$), with

maximum values of TVB – N 23.7 mg/100g and TBA 0.6 mg / 100g in biopreserved fillets after 21 days, being lower than the maximum permissible levels for human consumption. On the other hand, the control samples reached the allowable limits after 7 days of storage. The results presented in this work demonstrated the biopreservative potential of vacuum impregnation with *Lactobacillus plantarum* to extend shelf life by reducing the TVB – N and TBA contents on the fillets on chilled storage.

Key words: Food preservation, shelf life, chemical spoilage of fish, *Lactobacillus plantarum*.

INTRODUCCIÓN

El pescado fresco es un producto altamente perecedero. Sus pérdidas de calidad se manifiestan a través de cambios en la apariencia, crecimiento microbiano y acumulación de compuestos de degradación química como bases nitrogenadas volátiles totales (TVB-N) y ácido tiobarbitúrico (TBA), entre otros. Estas pérdidas pueden ser minimizadas mediante el uso de métodos combinados de conservación, empaque al vacío y refrigeración (Gómez *et al.*, ., 2007; Robertson, 2010; López de Lacey *et al.*, ., 2013). La bioconservación extiende la vida útil de los alimentos usando la microflora natural de un producto, adicionando microflora controlada o sus productos antimicrobianos. En los últimos años, el potencial bioprotector de las bacterias ácido lácticas (BAL) en la bioconservación de pescado ha sido demostrado, logrando disminuir los niveles de TVB-N y TBA (Cosansu *et al.*, ., 2011; Ghanbari *et al.*, ., 2013).

La impregnación al vacío consiste en sumergir un alimento en una solución de interés y la aplicación de una presión sub – atmosférica por un corto intervalo de tiempo, seguido por un periodo a presión atmosférica, que conduce a la introducción del líquido en los poros del alimento. Algunos

autores han empleado la impregnación al vacío de filetes de diferentes especies de pescado con diferentes soluciones, sin embargo, no se reporta la impregnación al vacío de filetes de tilapia con BAL (Corzo y Bracho, 2008). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto en las propiedades químicas de filetes de tilapia bioconservados mediante la impregnación al vacío con BAL.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del inóculo de BAL. Se preparó un inóculo de la cepa *Lactobacillus plantarum* JCM 1149 con una población de 10^9 UFC/mL, en el medio de cultivo recomendado por Montalvo, (2010) para la bioconservación de productos cárnicos de cerdo.

Obtención del filete. Se capturaron ejemplares adultos de tilapia (*Oreochromis* sp.) en lagos de cría cercanos a la ciudad de Cali. Se transportaron en hielo hasta el laboratorio de Microbiología y Biotecnología Aplicada de la Universidad del Valle, donde se obtuvieron filetes de 100 g aproximadamente.

Impregnación al vacío. Se utilizó un equipo de deshidratación osmótica Centricol Ltda., equipado con una bomba de vacío de ½ HP. El filete fue sumergido en el inóculo y sometido a una presión de vacío de 25 inHg durante 10 minutos, se restableció la presión atmosférica y se dejó sumergido hasta completar el tiempo de impregnación. Los filetes impregnados se retiraron del inóculo, se empacaron al vacío y se almacenaron a condiciones constantes de 5° C y 42% HR. **Evaluación química.** Se determinaron los contenidos de Nitrógeno Volátil Total (TVB – N) según Norma Técnica Colombiana NTC 1322 y de ácido tiobarbitúrico

(TBA) por destilación y espectrofotometría como mg de malonaldehído (MAD)/100g de muestra.

Diseño Experimental. Se empleó un diseño de parcelas divididas, los niveles de los factores producto impregnado (P: inóculo de BAL, medio de cultivo, control) y tiempo de impregnación (TI: 30 y 60 min) se asignaron al azar a las unidades completas (filetes). Los niveles del factor tiempo de almacenamiento (TA: 0, 7, 14, 21 días) se asignaron al azar a los filetes impregnados (FI). Se aplicó una estructura factorial de los factores P y TI a cada filete y el factor TA a los filetes almacenados. Los factores P y TI se asignaron bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) y el factor TA a la parcela dividida se asignó al azar a cada muestra. El nivel de significancia fue $p < 0,05$, se utilizó el paquete estadístico R versión 2.13 (<http://cran.r-project.org/>). Cada muestra se evaluó por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA para los parámetros TVB-N y TBA evidenciaron diferencias significativas en los factores P ($p < 0,05$), TA ($p < 0,05$) y la interacción entre P y TA. No se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo de impregnación ni efecto bioconservante en el medio de cultivo. El efecto de conservación se vio asociado a la presencia de BAL. Las Figuras 1 y 2 muestran el cambio en los valores de TVB – N y TBA, respectivamente. Para las dos variables se observó un incremento en todas las muestras, siendo más acelerado en los tratamientos sin BAL, las cuales excedieron los niveles de aceptabilidad de TVB – N sugeridos para el pescado (35 mg/100g), luego de 7 días de almacenamiento (Hong *et al.*, ., 2012; Gao *et al.*, ., 2014), mientras los tratamientos con BAL estuvieron por debajo de

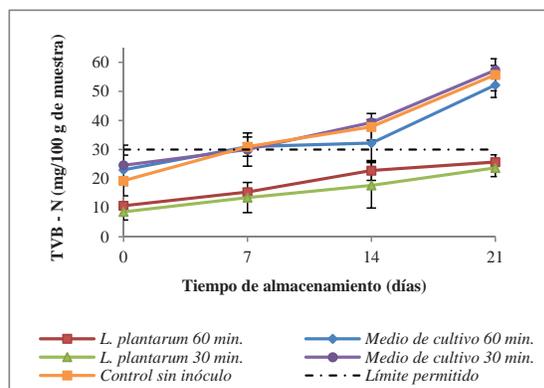


Figura 1. Cambio en el contenido de TVB - N durante el almacenamiento

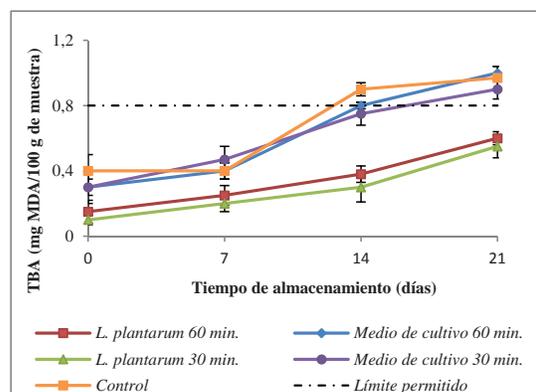


Figura 2. Cambio en el contenido de TBA durante el almacenamiento

los límites permitidos hasta los 21 días de almacenamiento. Se observó una reducción del 50% en la formación de TVB – N durante el almacenamiento en los FI. Respecto al contenido de TBA, todos los tratamientos se mantuvieron por debajo del valor máximo permitido 0,8 mg MDA/100g, según Suárez *et al.*, ., (2009). La formación de este compuesto en las muestras no tratadas con BAL se incrementó luego de los primeros 7 días de almacenamiento, alcanzando valores de 0,9 mg MDA/100g y de 1,0 mg MDA/100g a los 14 y 21 días, respectivamente. Los FI con BAL presentaron valores de 0,6 mg MDA/100g a los 21 días. Los resultados obtenidos son comparables con los reportados por Cosansu *et al.*, . (2011) en filetes de *Trachurus trachurus* tratados con *Pediococcus* sp., quienes conservaron los niveles de TVB –N en valores aceptables hasta el 6° día de almacenamiento y con los reportado por Katikou *et al.*, ., (2007), quienes extendieron la vida útil de filetes de *Oncorhynchus mykiss* en 5 días al retardar la oxidación lipídica con *Lactobacillus sakei*.

CONCLUSIÓN

Los estudios realizados demostraron el potencial bioconservante de la impregnación al vacío con la cepa *L. plantarum* al mantener las características de calidad de los filetes de tilapia en condiciones aptas para el consumo durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Colciencias y a la Universidad del Valle por el apoyo en la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Corzo, O and N. Bracho. 2008. Application of Weibull distribution model to describe the vacuum pulse osmotic dehydration of sardine sheets. *LWT - Food Science and Technology*. 41 (6), 1108–1115.
- Cosansu, S., S. Mol, D. Uçok-Alakavuk, and S. Tosun. 2011. Effects of *Pediococcus* spp . on the Quality of Vacuum-Packed Horse Mackerel during Cold Storage. *Journal of Agricultural Sciences*. 17: 59-66.
- Gao, M., F. Lifang, T. Jiang, Z. Junli, F. Linglin and Y. Dongxia. 2014. The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage. 37: 1 - 8.
- Ghanbari, M., M. Jami, K. Domig and W. Kneifel. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. *LWT - Food Science and Technology*. 54 (2) 315-324.
- Gómez-Estaca, J., M.C. Gómez-Guillén, P. Montero. 2007. High pressure effects on the quality and preservation of cold-smoked dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fillets. *Food Chemistry* 102 (4): 1250–1259.
- Hong, H., Y. Luo, Z. Zhingyun and S. Huixing. 2012. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichys nobilis*) fillets stored at 4° C. *Food Chemistry*. 133(1): 102 - 107.
- Katikou, P, I. Ambrosiadis, D. Georgantelis, P. Koidis and S. Georgakis. 2007. Effect of *Lactobacillus* cultures on microbiological, chemical and odour changes during storage of rainbow trout fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87(3): 477– 484.
- López de Lacey, A.M., M.E. López-Caballero and P. Montero. 2013. Agar films containing green tea extract and probiotic bacteria for extending fish shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*. 55(2): 559-564.
- Montalvo, C. 2010. Bioconservación de Cárnicos de Cerdo con Bacterias Ácido Lácticas. Tesis de Maestría. Universidad del Valle. Cali - Colombia.
- Robertson, G.L. (2010). *Food Packaging and Shelf Life. A Practical Guide*. CRC Press. United States of America.
- Suárez - Mahecha, H., S.C. Pardo-Carrasco, M. Cortés-Rodríguez, S.C. Ricaurte y B. Rojano. 2009. Evaluación de Nueva Tecnología para Mitigar las Espinas Intramusculares en Filetes de Cachama *Piaractus brachypomus* (Pisces: Characidae). En: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62 (1): 4989 - 4997.

Determinación de la Velocidad de Producción de Biomasa de la Especie *Scenedesmus* sp.

Determination of the Biomass Speed Production of Specie *Scenedesmus* sp

María Berenice Ocampo¹; Luis Fernando Gutiérrez²

1 Ingeniera de Alimentos, Joven Investigador 2012, Maestría en Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Universidad de Caldas Apartado Aéreo 275.

2 Ingeniero Químico, Msc, Ph.D fernando.gutierrez@ucaldas.edu.co

Resumen. Debido al gran número de posibles usos que tiene la biomasa obtenida por el cultivo de microalgas, los centros de investigación han orientado sus esfuerzos desde el siglo XX a entender la forma en la cual estos microorganismos se desarrollan. Una de las mayores alternativas es la posibilidad de obtener lípidos como fuente para la producción de biocombustibles. La identificación de otros metabolitos de interés para las diferentes industrias como farmacéutica, dermatológica y alimentaria son también objeto de estudio. Esta investigación se enmarca en determinar las condiciones óptimas para el desarrollo de la especie *Scenedesmus* sp bajo condiciones de Erlenmeyer agitado. Los experimentos se realizaron en un cultivo de sistemas cerrado foto-heterótrofo ajustados a las necesidades de control a nivel de laboratorio. Las variables del proceso fermentativo evaluadas fueron: intensidad luminica, pH, y temperatura; para establecer las condiciones óptimas se determinó la curva de crecimiento de la especie *Scenedesmus* sp y el rendimiento de producción de biomasa. La curva de crecimiento experimental reportó un rendimiento de biomasa de 4,8 g/L, el análisis bromatológico reportó un contenido de grasa de 10,96% y de proteína total de 23,13 % en base seca.

Palabras clave: Foto-heterótrofo, crecimiento, microalga.

Abstract. Due to the large number of possible uses that biomass obtained by the cultivation of microalgae, research centers have focused their efforts since the twentieth century to understand the way in which these organisms develop. A major alternative is the possibility of lipid as a source for the production of biofuels. The identification of other metabolites of interest for different industries such as pharmaceutical, dermatological and food are also studied. This research is framed within determining the optimal conditions for the development of the species *Scenedesmus* Sp under agitated Erlenmeyer condition. The experiments were conducted in a closed culture photo-heterotrophic systems tailored to the needs of the laboratory control. The fermentation process variables evaluated were: light intensity, pH, and temperature; and to establish the optimal conditions the growth curve of the species *Scenedesmus* sp and yield of biomass was

determined. The growth curve reported experimental biomass yield of 4.8 g / L, the compositional analysis reported a fat content of 10.96% and 23.13% total protein on a dry basis.

Key words: photo-heterotrophic, growth, microalgae.

INTRODUCCIÓN

Las microalgas son la fuente de lípidos más estudiada en los últimos años (Chen *et al.*, 2011). Para la producción de microalgas se tienen una serie de conocimientos que deben ser optimizadas para tener buenos rendimientos. Uno de los principales usos de la producción de microalgas es la generación de aceite para la obtención de biodiesel (Ahmad *et al.*, 2011). Hay otras aplicaciones potenciales para el aceite y la biomasa obtenida durante el cultivo de microalgas como uso alimentario. En este aspecto las microalgas son consideradas alimentos funcionales (Nuño *et al.*, 2013), capaces no sólo de elevar el contenido nutricional de los alimentos tradicionales, sino también de afectar positivamente la salud de animales y humanos, debido a que contienen cantidades apreciables de proteínas, vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados. Algunas microalgas incluso tienen un contenido aminoacídico superior al presentado por alimentos convencionales; tal es el caso de *Scenedesmus* sp que posee niveles de lisina superiores al patrón de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO; 1998) y niveles de proteína entre 25 y 35% lo que la hace una atractiva fuente de proteína (Quevedo *et al.*, 2008). El cultivo de microalgas en Colombia no ha sido implementado a nivel comercial, la investigación al respecto es mínima, y los estudios que se han realizado son generales con ensayos tipo laboratorio, lo que inspira al continuo interés investigativo para proyectar la implementación de cultivo de microalga a nivel macro. Esta investigación tiene como objetivo determinar el rendimiento de biomasa, el contenido grasa de la especie *Scenedesmus* sp y la velocidad de producción de biomasa a nivel de banco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizó la especie de microalga *Scenedesmus sp*, proveniente de la UTEX (Universidad de Texas), en medio Bristol y Proteasa (recomendado por la UTEX) y glucosa como medio de carbono. Esta especie fue repicada para extender su contenido y realizar diferentes producciones.

Producción de biomasa. El sistema considerado para el cultivo de microalga fue cerrado, inicialmente se inoculó el medio líquido con la microalga en un Erlenmeyer de 2 L. El medio se preparó en agua destilada y estéril, y se adicionó como medio de carbono glucosa, entre 4 y 8 g/L. Adicionalmente se realizaron diferentes ensayos en un shaker con agitación continua a intensidades de luz que oscilaron entre los 1200 y 1800 luxes, a temperatura de 24° C, y en un rango de pH entre 7,5 a 9. La fermentación se monitoreó bajo un fotoperiodo de luz oscuridad de 12/12 horas respectivamente (Wahidin *et al.*, 2013). La separación de la biomasa se realizó por centrifugación y posteriormente se secó 10 horas a 55° C.

Determinación de la curva de crecimiento. Se realizaron tres experimentos a las condiciones óptimas, se tomaron tres replicas a la misma hora todos los días y se determinó la absorbancia. Estos valores fueron transformados a concentración por medio de disoluciones patrones de concentraciones conocidas en mg/ml y previamente observadas por espectrofotometría en una longitud de onda entre (400-700 nm) (Mohsenpour *et al.*, 2012), para este caso a una longitud de onda de 630 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de temperatura óptima para el crecimiento con una buena productividad osciló entre 22-28 °C, el pH óptimo para siembra de medio líquido se definió entre 7,5 y 9. En la Figura 1 se observa el comportamiento de la microalga *Scenedesmus sp*, evaluada bajo condiciones de laboratorio. La producción de biomasa se realizó por medio de las condiciones

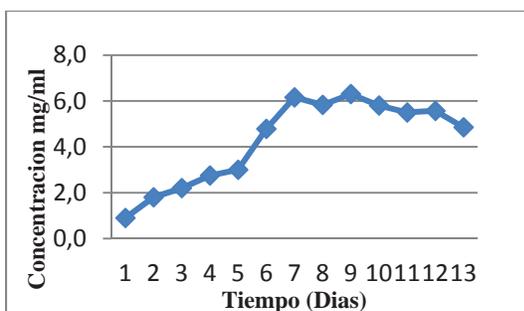


Figura 1. Curva de crecimiento del alga *Scenedesmus sp* bajo condiciones de fotoperiodo a 1500 luxes.

de pH y temperatura previamente descritas y una intensidad de luz de 1500 (Phukan *et al.*, 2011), en un fotoperiodo de 12/12 horas luz/oscuridad respectivamente.

El rendimiento promedio obtenido por litro de medio sembrado con la especie de microalga *Scenedesmus sp* fue de 4,8 g/L. El contenido proteico obtenido del análisis bromatológico fue de 23,19% y grasa total de 10,96% en base seca. (Análisis realizado en la Unidad Tecnológica de Alimentos de la Universidad de Caldas).

CONCLUSIONES

La microalga *Scenedesmus sp* es una microalga cuyo contenido graso indica ser una fuente rica de lípidos lo que permite ver esta biomasa como recurso de alto valor en el campo de los biocombustibles, y como materia prima rica en procesos industriales químicos como la pintura, los plásticos etc. Según su contenido proteico es considerado un material rico para la producción de alimentos balanceados para animales. El crecimiento de la biomasa tiene una alta velocidad de crecimiento pero con un rendimiento relativamente bajo, se recomienda realizar cambios en la fuente de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, A.L., N.H. Mat-Yasin, C.J.C. Derek, J.K. Lim. 2011. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(1): 584-593
- Chen, C.Y., K.L. Yeh, R. Aisyah, D.J. Lee, J.S. Chang. 2011. Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: a critical review. *Bioresour Technology* 102(1): 71-81.
- FAO. Elaboración y refinado de aceites comestibles in *Grasas y aceites en la nutrición humana*.
- FAO. (1998). La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Deposito de Documentos de la Fao. En: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB473S/AB473S02.htm>. Consulta: Abril 2013.
- Mohsenpour, S.F., B. Richards, N. Willoughby. 2012. Spectral conversion of light for enhanced microalgae growth rates and photosynthetic pigment production. *Bioresour Technology* 125(0): 75-81.
- Nuño, K., A. Villarruel-López, A.M. Puebla-Pérez, E. Romero-Velarde, A.G. Puebla-Mora, F. Ascencio. 2013. Effects of the marine microalgae *Isochrysis galbana* and *Nannochloropsis oculata* in diabetic rats. *Journal of Functional Foods* 5(1): 106-115.
- Phukan, M.M., R.S. Chutia, B.K. Konwar, R. Kataki 2011. Microalgae *Chlorella* as a potential bio-energy feedstock. *Applied Energy* 88(10): 3307-3312.
- Quevedo, C., S. Morales, A. Acosta. 2008. Crecimiento De *Scenedesmus Sp* en Diferentes Medios de Cultivo para la Produccion de Proteina Microalgal. Grupo Bioprocesos, Universidad de Antioquia. En: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042008000100004&script=sci_arttext. Consulta: Abril 2013.
- Wahidin, S., A. Idris, S.R.M. Shaleh. 2013. The influence of light intensity and photoperiod on the growth and lipid content of microalgae *Nannochloropsis sp*. *Bioresour Technology* 129(0): 7-11.

Uso de Frutos Tropicales de Color Amarillo en la Síntesis de Celulosa por *Gluconacetobacter xylinus*

*Use of Yellow Tropical Fruits in the Synthesis of Cellulose by *Gluconacetobacter xylinus**

Olga Perna Manrique¹; Rubén Jaramillo Lanchero¹; Lorena Alviz Martínez¹ y Omar Ríos Suárez¹.

1 Universidad de Sucre. Facultad de Educación y Ciencias. Programa de Biología. Laboratorio de Investigación en Microbiología (LIM), Grupo de Investigación en Biología de Microorganismos (GIBM). Sincelejo, Colombia. Cra 28 # 5-267 Barrio Puerta Roja. olga.perna@unisucra.edu.co

Resumen. La celulosa es la molécula natural de mayor abundancia, anualmente se producen 10^{11} a 10^{12} toneladas de origen vegetal; diferentes microorganismos han sido reportados como productores de celulosa. El presente estudio, comparó el rendimiento y producción de celulosa por *Gluconacetobacter xylinus* en un medio de cultivo (Max) con extractos de mango y papaya. *G. xylinus*, fue inoculado en biorreactores con 200 mL de medio de cultivo, a pH 5,6. Se utilizaron concentraciones de los extractos de 5 a 55%. Se determinó el grosor, peso húmedo y seco, pH, volumen remanente y compresibilidad de las películas de celulosa en los diferentes tiempos de incubación. El pH de los medios de cultivo disminuyó con el tiempo, debido a que *G. xylinus* es capaz de convertir los carbohidratos en ácido acético para el metabolismo respiratorio que implica la oxidación de etanol a ácido acético y conversión de glucosa a ácido glucónico. Donde el pH se mantuvo entre 4 y 6 mostrando la efectividad del amortiguador. Los resultados en el tiempo de incubación, indican un grosor tres veces mayor para el medio Max-Mango que el del medio Max-Papaya; el volumen remanente en los diferentes tiempos fue mucho menor para el medio Max-Mango; igualmente, la comprensibilidad fue cuatro veces menor para la celulosa obtenida con el medio Max-Mango. Finalmente, se concluyó que el medio de cultivo Max-Mango es más apropiado y ventajoso para la producción de celulosa en comparación con otros medios de cultivo.

Palabras Clave: Celulosa bacteriana, medio de cultivo, fuentes de carbono, mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*).

Abstract. Cellulose is the most abundant naturally occurring molecule, occur annually 10¹¹-10¹² tons of vegetable origin; various microorganisms have been reported as producing cellulose. This study compared the performance and production of cellulose by *Gluconacetobacter xylinus* in a culture medium (Max) with extracts of mango and papaya. *G. xylinus* bioreactor was inoculated with 200 mL of culture medium at pH 5.6. Extract concentrations of 5 to 55% were used. Thickness, wet and dry weight, pH, residual volume and compressibility of cellulose films at different incubation times were determined. The pH of the culture medium decreased

with time because *G. xylinus* is capable of converting carbohydrates to acetic acid for the respiratory metabolism involves the oxidation of ethanol to acetic acid and conversion of glucose to gluconic acid. pH was maintained between 4 and 6 showing the effectiveness of the damper. The results on the time of incubation indicated a thickness three times greater for the Max- handle means that the Max- Papaya medium; the volume remaining at different times was much lower for the average Max- Mango; also, comprehensibility was four times lower for the cellulose obtained with medium - Mango Max. Finally, it was concluded that the culture medium is Max-Mango more convenient and advantageous for the production of cellulose compared to other culture media.

Key words: Bacterial cellulose, culture media, carbón sources, mango (*Mangifera indica*), papaya (*Carica papaya*).

INTRODUCCIÓN

Investigaciones anteriores han demostrado que algunos organismos como hongos, algas y bacterias son capaces de sintetizar celulosa. Dentro de estos organismos encontramos algunas especies de bacterias tales como, los géneros *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Rhizobium* y *Sarcina*, entre otros (Leege, 1990; Romling, 2002). La especie *G. xylinus* sintetiza celulosa bacteriana (CB) a partir de la polimerización de D-glucosa; siendo esta un tipo de celulosa con fibras pequeñas y ultrapura, producida mediante la fermentación de sustratos líquidos azucarados (Zhigang *et al.*, 2011). *G. xylinus* ha sido el modelo para el estudio de síntesis de celulosa ya que la produce pura, libre de lignina y hemicelulosa. Además, CB es un polímero altamente cristalino con un elevado grado de polimerización, lo que la distingue de otras formas de celulosa (Parant, 2005). La celulosa bacteriana tiene gran cantidad de intereses académicos y comerciales, con numerosas aplicaciones en biotecnología, farmacia, empaquetado de bases biológicas y otros campos de ciencias biomédicas (Iguchi *et al.*, 2000). La razón de tal

interés reside en la facilidad de producción de un material de base biológica completamente celulósico que tiene buenas propiedades mecánicas tales como alta tensión, resistencia, alta pureza, alta retención de agua y una estructura de red ultra fina (Gea *et al.*, 2009; Soykeabkaew *et al.*, 2010).

En la actualidad se han realizado estudios con diferentes extractos de frutas (naranja, uva, manzana, tomate, banano, piña, entre otras), con el fin de obtener un medio eficaz y económico que permita obtener una mejor producción de este importante polímero (Kurosumi *et al.*, 2009). Por lo tanto, este estudio pretende comparar la producción de celulosa bacteriana por *G. xylinus* en un medio de cultivo enriquecido con fuentes de carbono obtenidas a partir de extracto de mango (*Mangifera indica*) y papaya (*Carica papaya*).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material Biológico. La cepa silvestre *G. xylinus* IFO 13693, utilizada en la investigación, fue donada por el Dr. Edgardo Escamilla Marván del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Sustrato. Los mangos y las papayas se seleccionaron maduras, y fueron sometidos a escaldado para esterilizarlas. Las frutas se licuaron sin agua y se filtraron a presión en una tela de fina porosidad, reteniendo la fibra así evitar el paso al medio de cultivo. El extracto filtrado fue vertido al medio H-S modificado; que contiene diferentes sales. De acuerdo a las concentraciones establecidas (5, 15, 25, 35, 45 y 55%) para las fuentes de carbono, se determinaron los volúmenes de extracto de mango y papaya a utilizar.

Producción de celulosa bacteriana. Se sembró el inóculo en 100 mL de medio Hestrin and Schramm (1954) modificado a pH 5.6, a diferentes concentraciones, las cuales fueron: 5, 15, 25, 35, 45 y 55% para mango y papaya por triplicado, lo que resultó en 18 bioreactores para cada una de los extractos utilizados. Los medios esterilizados fueron enfriados y llevados a la cámara de siembra, dejándolos 15 min a exposición de rayos Uv, evitando el crecimiento de agentes patógenos en el medio de cultivo. Luego, se sembró la bacteria adicionando el 10% de inóculo. Después de los 28 días estipulados, se determinó la concentración, propiedades fisicoquímicas y mecánicas de cada película de celulosa (pesos húmedo, seco, grosor, compresibilidad, entre otros).

Análisis Estadístico. Se llevó a cabo un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial, donde los resultados obtenidos fueron tabulados en Excel; a la vez, analizados y graficados en el programa Microcal origin 8.5.

RESULTADOS Y DISCUSION

La medición de las propiedades fisicoquímicas en cada uno de los días de incubación arrojó los resultados presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de las películas de celulosa obtenidas con *G. xylinus*.

Medio de cultivo	Tiempo de Incubación (días)	Grosor (mm)	Peso seco (g)	Compresibilidad %	Volumen remanente (mL)
MAX-Mango 45%	3	2,3	0,46	20,2	183,6
	7	5,3	1,68	10,7	156
	14	10	8,19	2,9	78,6
	21	11,5	9,11	2,23	46
	28	16	10,02	2,04	33
MAX-Papaya 15%	3	2	0,16	18,56	170,6
	7	4	0,79	12,2	148,6
	14	4,6	1,2	11	137
	21	5	1,26	10,1	135,3
	28	5	1,27	9,9	132

pH de los medios de cultivo. El pH inicial de los medios de cultivos (Max-Mango y Max-Papaya) fue ajustado a 5,6; el cual permanece en el intervalo óptimo de pH para la producción de CB que va de 4 a 6.

Después de culminado el periodo de incubación (28 días), se determinó que en el medio Max-Mango se obtuvo una mayor producción de celulosa por parte de *Gluconacetobacter xylinus*, en comparación con el medio Max-papaya, un factor diferenciador sobre la síntesis de celulosa bacteriana podría ser la cantidad de azúcares presentes en los extractos de mango y papaya. La cantidad de azúcar en el jugo de mango es de 12,5%, mientras que en el jugo de papaya la cantidad de azúcares es de 7,1%. Los azúcares en los jugos de mango y papaya fueron: glucosa, fructosa y sacarosa. La composición de carbohidratos y el contenido nutricional difiere de acuerdo con el tipo de fruta. En el mango encontramos los tres tipos de azúcares, distribuidos en glucosa 0,85 g, fructosa 2,60

g y sacarosa en mayor proporción con 9 g; mientras que en la papaya solo se encuentra glucosa 3,60 g y fructosa 3,50 g, observando la ausencia de la sacarosa

La producción de celulosa seca en el medio con jugo de mango fue de 51 g/L; mientras en el medio con jugo de papaya fue de 6,35 g/L. Teniendo en cuenta la investigación realizada por (Kurosumi *et al.*, 2009), al término de incubación (14 días), lograron determinar que el medio con mayor producción de celulosa era el que contenía jugo de naranja (5,9 g/L); en contraste con los resultados obtenidos en esta investigación a los 14 días de incubación, se obtiene una producción en el medio Max-Mango de 40,9 g/L y en el medio Max-Papaya se obtuvo una producción de 6 g/L. Con base en los anteriores resultados, se puede inferir que la producción de celulosa en el medio Max-papaya se mantiene en el rango de producción observada en la investigación de (Kurosumi *et al.*, 2009); mientras que en el medio Max-Mango la producción supera a la del medio con jugo de naranja; por lo tanto, el jugo de mango, resulta ser una fuente de carbono eficaz y económica para la producción de celulosa bacteriana, en comparación con las fuentes de carbono tradicionales y jugos de diversas frutas utilizados en anteriores investigaciones.

Se realizó un análisis estadístico por factor, obteniendo como resultado que las muestras son significativamente diferentes; por tanto, se puede concluir que la producción de celulosa varía de acuerdo a cada uno de los tratamientos planteados en esta investigación. Solo el pH, no mostró diferencia significativa; es decir, en los dos tratamientos disminuye el pH de forma similar, puesto que es una variable adjunta al proceso.

CONCLUSIÓN

De lo anterior se puede concluir que el medio de cultivo Max-Mango propuesto, resulta ser un medio económico en cuanto a costos de producción de celulosa bacteriana debido a que la pulpa de esta fruta es de bajo costo y de fácil acceso en el departamento de sucre, así como los reactivos de grado industrial que se utilizaron en la investigación; en comparación con los medios de cultivos propuestos en anteriores investigaciones. A la vez, la celulosa bacteriana obtenida en este medio de cultivo es de gran interés en el área de biomedicina, debido a sus buenas propiedades mecánicas, estabilidad, pureza y biocompatibilidad. Al usar esta clase de celulosa se contribuye a mitigar los impactos ambientales, puesto que

se disminuye el uso de celulosa vegetal, trayendo consigo la no explotación de los bosques. De esta manera, se hace razonable pensar en un proyecto de construcción de una planta piloto para la producción de celulosa bacteriana con fines biomédicos en el departamento de Sucre.

BIBLIOGRAFÍA

- Gea, S., E. Bilotti, C.T. Reynolds, N. Soykeabkeaw and T. Peijs. 2010. Poly (Vinyl) Alcohol-Bacterial Cellulose Composites Prepared Using An In-Situ Process. *Materials. Letters* 64(8): 901–904.
- Hestrin, S. and M. Schramm. 1954. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum* preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. *Biochemical Journal* 58(2): 345-352.
- Iguchi, M., S. Yamanaka and A. Budhiono. 2000. Review bacterial cellulose—a masterpiece of nature's arts. *Journal of Materials Science* 35(2): 261–270.
- Kurosumi, A., C. Sasaki, Y. Yamashita, and Y. Nakamura. 2009. Utilization of various fruit juices as carbon source for production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* NBRC 13693. *Carbohydrate Polymers* 76(2): 333–335.
- Leege, R.L. 1990. Microbial cellulose as a speciality chemical. *Biotechnology Advances* 8(2): 303-319.
- Parant Rodewald, N.G. 2005. Elaboración de gel celulósico (nata) producido por *Acetobacter xylinum* sobre jugo de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Universidad Austral De Chile, Valdivia.
- Romling, U. 2002. Molecular biology of cellulose production in bacteria. *Microbiology* 153(4): 205-212.
- Soykeabkaew, N., C. Sian, S. Gea, T. Nishino and T. Peijs. 2009. All-cellulose nanocomposites by surface selective dissolution of bacterial cellulose. *Cellulose* 16(3): 435–444.
- Zhigang, L., Z. Yanyan and C. Yujie. 2011. Effects of alcohols on bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* 186. *World Journal Microbiol Biotechnol* 27(10): 2281-2285.

Parámetros de Crecimiento de *Listeria monocytogenes* en Co-cultivo con *Carnobacterium maltoromaticum* a Cinco Concentraciones de Nitritos

Growth Parameters of *Listeria monocytogenes* in Co-culture with *Carnobacterium maltoromaticum* to Five Concentrations of Nitrite

Rodríguez Agudelo Natalia¹; Cueto María Clementina²; Sotelo Luz Indira³ y González María Isabel⁴

1 Estudiante de Maestría en Diseño y Gestión de Procesos. Universidad de La Sabana. nataliaroag@unisabana.edu.co

2 Directora Maestría en Diseño y Gestión de Procesos. Universidad de La Sabana. maria.cueto@unisabana.edu.co

3 Directora Ingeniería de Producción Agroindustrial. Universidad de La Sabana. Indira.sotelo@unisabana.edu.co

4 Centro de Investigación y Desarrollo. Industria de Alimentos Zenu mgonzalez@zenu.com.co

Resumen. El principal patógeno encontrado por contaminación cruzada en productos cárnicos es *L. monocytogenes*, debido a su naturaleza psicrófila y anaerobiosis facultativa. Por ello, se emplean microorganismos con gran capacidad antimicrobiana que generan competencia por nutrientes y/o alta producción de metabolitos antimicrobianos. En esta investigación se determinó el efecto inhibitorio de una cepa comercial biopreservante frente a *L. monocytogenes* a 8 °C y cinco concentraciones de nitritos (0, 25, 50, 75 y 100 ppm). La metodología se realizó en dos etapas, la primera fue la evaluación del efecto de la cepa biopreservante a 8 °C frente a *L. monocytogenes* y la segunda fue la determinación de los parámetros de crecimiento a través del modelo de Baranyi y Roberts y el modelo de Gompertz. En conclusión, la cepa biopreservante *Carnobacterium maltoromaticum* - CB001® inhibe el crecimiento de *L. monocytogenes*, sin importar la concentración de nitritos, por el contrario la velocidad de crecimiento de *L. monocytogenes* es dependiente de la concentración de nitritos.

Palabras clave: Biopreservación, microbiología predictiva, refrigeración.

Abstract. The main pathogenic agent for cross contamination in meat products is *L. monocytogenes*, due to their nature and facultative anaerobic psychrotrofa. Thus, microorganisms with high antimicrobial ability generating competition for nutrients and/or high production of antimicrobial metabolites are used. In this study the inhibitory effect of commercially available strain biopreservante against *L. monocytogenes* at 8 °C and five concentrations of nitrite (0, 25, 50, 75 and 100 ppm) was determined. The methodology was conducted in two stages, the first was to assess the effect of strain biopreservante to 8 °C against *L. monocytogenes* and the third was the determination of growth parameters through the model of Baranyi and Roberts and the model of Gompertz. In conclusion, the strain *Carnobacterium maltoromaticum* - CB001® biopreservante

inhibits the growth of *L. monocytogenes*, regardless of the concentration of nitrates; however the speed of growth of *L. monocytogenes* is dependent on the concentration of nitrites.

Key words: Biopreservation, predictive microbiology, cooling.

INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos cocidos, son alimentos altamente perecederos. Su bajo contenido de sal (aproximadamente 2%), pH alrededor de 6 y una actividad de agua superior al 0,945; son condiciones suficientes para permitir el crecimiento de las bacterias patógenas y alternantes asociadas a contaminación cruzada durante el procesamiento de embutidos cárnicos cocidos. Según Samelis *et al.* (2000), los microorganismos totales en el producto final pueden estar alrededor de 0,5 a 2 log UFC/g de producto y uno de los principales patógenos que se pueden encontrar como resultado de la recontaminación es *L. monocytogenes* (Uyttendaele *et al.*, 1999, Vermeiren, 2006), debido a su naturaleza psicrófila (Nufer *et al.*, 2007). Debido a lo anterior, la biopreservación surge como una solución para disminuir la carga microbiana no deseada de un producto, utilizando microorganismos con reconocida capacidad antimicrobiana y de ésta manera permite prolongar la vida útil del producto, ésta capacidad antimicrobiana está relacionada con la inhibición a través de la competencia por los nutrientes y/o a la producción de uno o más metabolitos con actividad antimicrobiana, como los ácidos orgánicos (láctico y acético), peróxido de hidrogeno, enzimas antimicrobianas y bacteriocinas (Holzapfel *et al.*, 1995, Bredholt *et al.*, 1999, Amezcua and Brashears, 2002, Vermeiren *et al.*, 2004) que inhiben el crecimiento de otras bacterias, entre ellas patógenos asociados a alimentos como *L. monocytogenes*. El objetivo principal de esta investigación fue determinar los parámetros

de crecimiento de *L. monocytogenes* en co- cultivo con *Carnobacterium maltoromaticum* CB001® a 5 concentraciones de nitritos (0, 25, 50, 75 y 100 ppm NaNO₂) por el modelo de Baranyi y Roberts y el modelo de Gompertz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología se realizó en tres etapas, en la primera se estandarizaron los inóculos iniciales, por medio de diluciones seriadas en agua peptonada hasta una concentración de 10³ UFC/mL para el microorganismo patógeno y la cepa biopreservante. En la segunda etapa se evaluó durante 30 días el efecto de la cepa biopreservante a nivel *in vitro*, a temperatura de abuso de refrigeración de 8 °C frente a *L. monocytogenes*; los recuentos se hicieron en agar PALCAM para *L. monocytogenes* a 37 °C y TSA para la cepa CB001 a 25 °C en los días 0, 1, 4, 6, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 25 y 30. Se realizaron dos activaciones

en caldo nutritivo de soya (TSB) a 37 °C para la cepa CB001 y *L. monocytogenes*. Se realizó un diseño experimental por triplicado para cada curva de crecimiento. En la tercera etapa se determinaron los parámetros de crecimiento para cada microorganismo por el modelo de Baranyi y Roberts (1994) y el modelo de Gompertz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra la curva de crecimiento de CB001®, en la cual se observó que la velocidad de crecimiento de la cepa CB001® desde el tiempo de inoculación, tuvo un incremento exponencial en cocultivo sin mostrar un efecto significativo en su crecimiento por la aplicación de nitritos. Las células de *L. monocytogenes* se inactivaron al día 6 y no se observó efecto alguno en el crecimiento de esta patógeno por la aplicación de nitritos (Figuras 2 y 3).

En la Tabla 1, se describen los parámetros de crecimiento para los dos microorganismos, en la cual se observó que, las tasas de crecimiento para *L. monocytogenes* presentaron un cambio significativo debido a las diferentes concentraciones de nitritos. Al comparar los dos modelos de crecimiento, estos no presentaron diferencia significativa en el coeficiente de correlación R² y se evidencio que la duración de la fase Lag de los dos microorganismo fue muy corta, puesto que por el modelo de Baranyi y Roberts no se logró cuantificar el tiempo de duración de ésta fase y por el modelo de Gompertz fue menor a un día para los dos microorganismos. *L. monocytogenes* se inactivó completamente a los seis días, por esta razón no fue posible determinar los parámetros de crecimiento de este patógeno en co-cultivo con CB001® por el modelo de Gompertz.

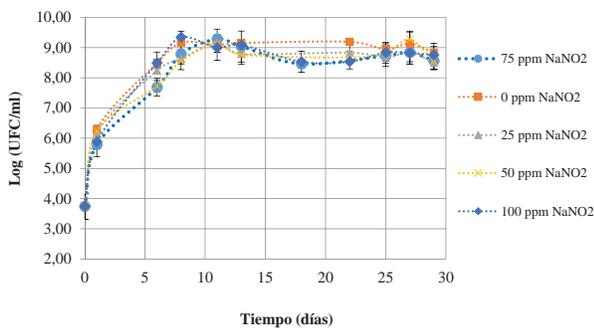


Figura 1. Curva de crecimiento de *C. maltoromaticum* en cocultivo con *L. monocytogenes* a 5 concentraciones de nitritos y 8 °C.

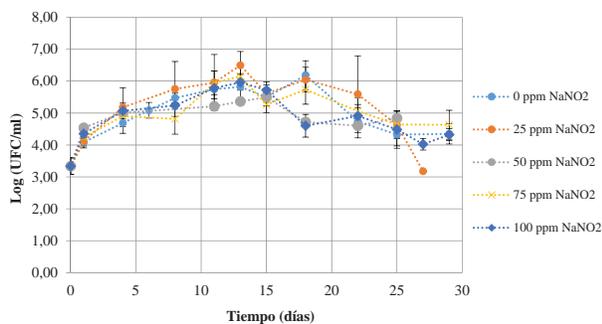


Figura 2. Curva de crecimiento de *L. monocytogenes* a 5 concentraciones de nitritos y 8 °C.

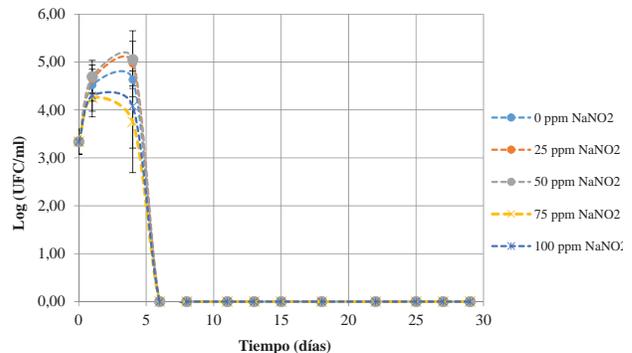


Figura 3. Curva de crecimiento de *L. monocytogenes* en cocultivo con CB001® a 5 concentraciones de nitritos y 8 °C.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento por el modelo de Baranyi y Roberts y el modelo de Gompertz

	CURVA	Velocidad de crecimiento (μ)	Fase Lag (λ)	Y ₀	Y máx.	R ²
MODELO DE BARANYI Y ROBERTS	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 0 ppm	2,553		3,740	9,001	0,982
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 25 ppm	2,433		3,740	8,713	0,975
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 50 ppm	0,549		4,627	8,862	0,887
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 75 ppm	0,589		4,375	8,834	0,931
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 100 ppm	2,142		3,740	8,823	0,972
	<i>L. monocytogenes</i> + CB001 0 ppm	0,257		3,736		0,115
	<i>L. monocytogenes</i> + CB001 25 ppm	0,339		3,752		0,340
	<i>L. monocytogenes</i> + CB001 50 ppm	0,356		3,770		0,344
	<i>L. monocytogenes</i> + CB001 75 ppm	0,040		3,717		
	<i>L. monocytogenes</i> + CB001 100 ppm	0,125		3,698		
MODELO DE GOMPERTZ	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 0 ppm	2,937	5,60E-08	3,371	9,002	0,980
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 25 ppm	2,798	6,04E-08	3,391	8,713	0,970
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 50 ppm	0,804	2,81E-09	4,314	8,834	0,854
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 75 ppm	0,745	7,60E-09	4,080	8,852	0,895
	CB001 + <i>L. monocytogenes</i> 100 ppm	2,493	5,42E-08	3,385	8,825	0,968

El modelo predictivo no arrojó coeficiente de determinación

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que la reducción en el crecimiento de *L. monocytogenes* se debe al efecto inhibitorio de la cepa CB001® y que independientemente de la concentración de nitritos, la cepa biopreservante inhibe el crecimiento de *L. monocytogenes*; estos resultados pueden ser de utilidad para la industria cárnica específicamente para los productos listos para el consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amezquita, A. and M.M. Brashears. 2002. Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection* 65(2): 316–325.
- Baranyi, J. and T.A. Roberts. 1994. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology* 23(2-3): 277–294
- Bredholt, S., T. Nesbakken and A. Holck. 1999. Protective cultures inhibit growth of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in cooked, sliced, vacuum and gas packaged meat. *International Journal of Food Microbiology* 53(1): 43-52.
- Holzappel, W.H., R. Geisen and U. Schillinger. 1995. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocinas and food-grade enzymes. *International Journal of Food Microbiology* 24(3): 343–362.
- Samelis, J., A. Kakouri and J. Rementzis. 2000. Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominating the spoilage microbial association of cooked meats at 4 °C. *Food Microbiology* 17(3): 329–340.
- Nufer, R. T. Stephan and Tasara. 2007. Growth characteristics of *Listeria monocytogenes*, *Listeria welshimeri* and *Listeria innocua* strains in broth cultures and a sliced bologna-type product at 4 and 7 °C. *Food Microbiology* 24(5): 444-451.
- Uyttendaele, M., P. De Troy and J. Debevere. 1999. Incidence of *Listeria monocytogenes* in different types of meat products on the Belgian retail market. *International Journal of Food Microbiology* 53(1): 75–80.
- Vermeiren, L., F. Devlieghere and J. Debevere. 2004. Evaluation of meat born lactic acid bacteria as protective cultures for the biopreservation of cooked meat products. *International Journal of Food Microbiology* 96(1): 149 – 164.
- Vermeiren, L. 2006. Biopreservation of anaerobically packaged sliced cooked meat products by non-bacteriocinogenic micro-organisms. *Universiteit Gent*. Pp. 306.

Evaluación de la Variedad de Yuca E Inóculo sobre la Expansión del Almidón Agrio

Evaluation of the Variety of Cassava and Inoculum on the Expansion of Sour Starch

Elizabeth Rojas Fernández¹; Gonzalo Mauricio Jaramillo² y José Luis Hoyos Concha³

1,2 Ingeniero agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. elirojas@unicauca.edu.co, gmjaramillo@unicauca.edu.co

3 Profesor Asociado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. jlhoyos@unicauca.edu.co

Resumen. En el presente estudio se desarrollaron dos inóculos lácticos, el primero a partir de la cepa amilolítica *Lactobacillus plantarum* y el segundo de bacterias ácido lácticas de yogurt, los cuales se evaluaron en la fermentación de la variedad Mcol 1522 (clasificada como dulce de zona de ladera) y yema de huevo (amarga de zona plana), para determinar su efecto sobre las propiedades reológicas y de panificación del almidón agrio. Se empleó un diseño factorial 2x3 el cual estableció el efecto positivo del inóculo de *Lactobacillus plantarum* sobre los niveles de expansión de las dos variedades, principalmente para la variedad amarga de zona plana, a diferencia del inóculo de bacterias ácido lácticas de yogurt el cual tuvo un efecto negativo en la fermentación de almidón de yuca.

Palabras clave: Fermentación, bacterias ácido lácticas, *Lactobacillus plantarum*, cepa de yogurt.

Abstract. In the present study two lactic inoculums were developed. The first one from amilolítica *Lactobacillus plantarum* strain and the second one from yogurt lactic acid bacteria, which were evaluated in the fermentation of the variety MCol 1522 (classified as sweet of hillside area) and egg yolk (sour of flat area), to determine its effect on the rheological and baking properties of sour starch. It is used a 2x3 factorial design, which established the positive effect of *Lactobacillus plantarum* inoculum about the levels of expansion of the two varieties, principally on bitter varieties of coastal area, unlike the inoculum of lactic acid bacteria of yogurt which generated a negative effect on the fermentation of cassava starch.

Key words: Fermentation, lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum*, strain yogurt.

INTRODUCCIÓN

El almidón agrio de yuca es utilizado como ingrediente en la preparación de productos típicos de panadería debido a su potencial de expansión, el cual constituye el principal criterio para evaluar su calidad, influyendo el precio final en el mercado. La fermentación natural realizada por bacterias lácticas amilolíticas, brinda al almidón, características especiales

de sabor, textura, olor y expansión que son deseables en el proceso de horneado. En las rallanderías la fermentación varía según la región y no todos los gránulos son fermentados, produciendo un almidón agrio de baja calidad (Vargas, 2012), esta etapa no tiene condiciones estándares de proceso. En el presente estudio se evaluó el efecto de dos inóculos lácticos sobre la fermentación de almidón de yuca, variedad Mcol 1522 (algodona) y yema de huevo, para obtener un almidón agrio con un nivel de expansión extra ($> 12 \text{ cm}^3/\text{g}$) en el menor tiempo posible y así fortalecer la cadena productiva del almidón, lo cual afecta el factor socio-económico de un gran número de productores de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Activación de las cepas y desarrollo de los inóculos.

La cepa amilolítica *Lactobacillus plantarum* y cepa de yogurt liofilizada (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), fueron activados en caldo MRS en una proporción 10^{-1} . Los microorganismos previamente activados fueron llevados a un pre-inóculo incubado a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 horas.

Diseño experimental en la fase de fermentación. Para el proceso de fermentación del almidón, se utilizó un diseño factorial 2x3 siendo los factores, la variedad de yuca (Mcol 1522 y yema de huevo) y el inóculo (*L. plantarum*, Cepa de yogurt y sin adición de inóculo), evaluando tres réplicas por tratamiento. Para detener la etapa de fermentación se tomó como variable de respuesta el nivel de expansión que se obtiene en la prueba de panificación, que es el método empleado por los procesadores de la zona de norte del Cauca para evaluar la calidad del almidón y dar por terminado el proceso de fermentación.

Prueba de panificación. Este método determina la calidad del almidón agrio por su capacidad de expansión en el proceso de horneado. Las muestras se secaron a luz directa del sol y se empleó la formulación establecida por Maeda y Cereda (2001). Todos los tratamientos fueron muestreados por triplicado cada cinco días y los resultados se expresaron como volumen específico (cm^3/g). Los rangos para clasificar la expansión fueron $> 12 \text{ cm}^3/\text{g}$ para grado extra, grado 1 de $10 - 12 \text{ cm}^3/\text{g}$, grado 2 de $8 - 10 \text{ cm}^3/\text{g}$ y grado 3 de $6 - 7 \text{ cm}^3/\text{g}$ (Fernández, 2008).

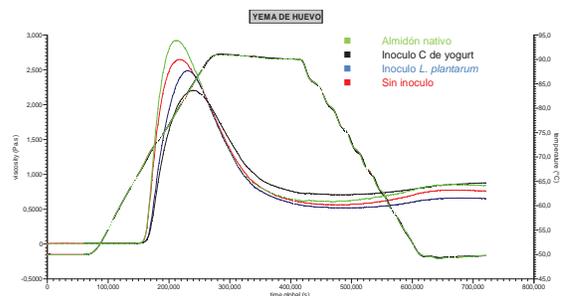


Figura 1. Curva reométrica para almidón nativo y fermentado de la variedad yema de huevo

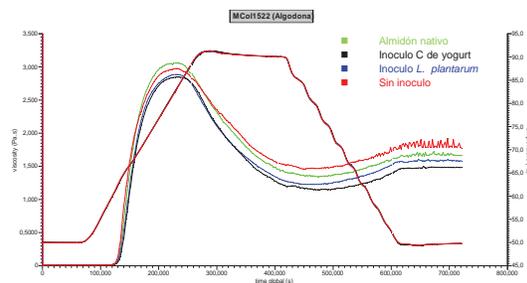


Figura 2. Curva reométrica para almidón nativo y fermentado de la variedad MCol 1522 (algodona)

Pruebas reológicas. Las propiedades reológicas del almidón fueron evaluadas en un reómetro TA Instruments AR 1500ex. Los perfiles de viscosidad fueron determinados de acuerdo a la norma ICC Standard 162. Con una suspensión al 8 % en base seca (p/p) del almidón nativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de panificación reportó los valores de volumen específico, descritos en promedio en la Tabla 1. Para la variedad yema de huevo que alcanzó grado extra en un tiempo menor, fue de alta influencia la adición del inóculo de *L. plantarum*, esta bacteria influyó de manera significativa el grado de porosidad y despolimerización de la molécula, generando una reducción del tamaño de partícula, responsable de la capacidad de expansión del almidón (Putry *et al.*, 2011), además generó consistencias firmes en la masa de almidón. El inóculo de cepa de yogurt no tuvo un efecto positivo en la expansión del almidón y en la masa de almidón se presentó una consistencia viscosa, asociado a la producción de exopolisacaridos (EPS) (Parra, 2010).

Tabla 1. Volumen específico (cm³/g)

Variedad	Ensayo	Tratamiento	Volumen específico promedio (cm ³ /g)		
			Día 0	Día 25	Día 45
Yema de huevo	1a	Cepa de yogurt	5,0	6,2	5,9
	2d	L. Plantarum	4,7	8,1	13,2
	3a,b	Sin inóculo	4,7	6,1	6,3
MCol 1522 Algodona	4b,c	Cepa de yogurt	4,9	5,5	8,3
	5c	L. Plantarum	4,9	8,6	9,7
	6d	Sin inóculo	5,0	8,3	12,1

Perfil amilográfico y propiedades reológicas. En los perfiles de viscosidad para almidón nativo y fermentado (Figuras 1 y 2), se observó el efecto de los tratamientos, presentando una disminución de la viscosidad máxima, siendo el mas afectado el almidón tratado con inóculo de cepa de yogurt debido a que la fermentación y secado

solar modifican las propiedades reológicas, producen una retrogradación más marcada, una menor viscosidad máxima y un mayor poder de “crecimiento” de la masa.

Los almidones fermentados presentaron una temperatura de gelatinización menor, debido a que este proceso inicia en las regiones amorfas del gránulo donde los polímeros son más susceptibles a la disociación. La viscosidad máxima, inestabilidad del gel e índice de gelificación fueron menores en los almidones agrios, lo que indica que un gránulo sin modificaciones da mayor estabilidad a las suspensiones y a los esfuerzos mecánicos.

CONCLUSIONES

El inóculo de *Lactobacillus plantarum* tuvo un efecto positivo para las dos variedades evaluadas sobre el proceso de fermentación, principalmente en variedades de plan o amargas como la yema de huevo, debido a que alcanzan una alta expansión a nivel comercial en un menor tiempo, a diferencia del inóculo de cepa de yogurt comercial que tuvo un efecto negativo en la fermentación de almidón de yuca.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca por el apoyo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, A., N. Zakhia, R. Ruiz y J. Trujillo. 2008. Desarrollo de un método sencillo para medir la calidad del almidón agrio de yuca. CIAT. 1-7.
- Maeda, K., M. Cereda. 2001. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. En *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 21(2): 139-143.
- Parra, R. 2010. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. En *UPTC* 8(1): 93-105.
- Putry, W.D., D.W Haryadi and M.N. Marseno; Cahyanto. 2011. Effect of biodegradation by Lactic Acid Bacteria on physical properties of cassava starch. *International Food Research Journal* 18(3): 1149-1154.
- Vargas, P., Y. Araya, R. Lopez y A. Bonilla. 2012. Características de calidad y digestibilidad in vitro del almidón agrio de yuca (*manihot esculenta*) producido en Costa Rica. En *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3(1): 1-13.

Evaluación de un Proceso de Fermentación Acética Inducido por Kombucha Sobre Sustrato de Fructosa

Evaluation of Acetic Fermentation Process Induced by Kombucha Using a Fructose as a Substrate

¹Guillermo Salamanca Grosso; María Angélica Beltrán Olaya y Diego Antonio Gutiérrez Pedraza

1 Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Grupo de Investigaciones Mellitopolinológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. Campus Universitario de Santa Elena. A. A. 546. Ibagué Tolima Colombia. salamancagrosso@gmail.com

Resumen. En éste trabajo se han estudiado los cambios asociados al proceso fermentativo sobre sustrato de fructosa. Infusiones de té negro, rojo y verde a 20 °Brix, se usaron con el complejo microbiano de kombucha a 25 °C, durante 20 días. El sistema fermentativo se monitoreó a través de los parámetros de acidez total (mg/L), el pH, potencial redox, sólidos solubles, conductividad eléctrica y sólidos iónicos solubles totales, con evaluaciones periódicas de 72 h. La acidez final luego de 20 días de proceso es del orden 3165 mg/L, su pH (2,79 a 2,87), el potencial Eh cambia de 192 a 244 mV, con una caída de (-52,1 mV). La bebida de kombucha incorpora componentes del té que le confieren propiedades funcionales y energizantes.

Palabras clave: Biotecnología, fermentación acética, kombucha, procesos.

Abstract. The aim of this work was focused on changes associated with the fermentation process on substrate of fructose. Infusions of black tea, red and green to 20° Brix, were used with kombucha microbial complex to 25 °C, for 20 days. The system was evaluated throughout the parameters of total acidity, pH, redox potential, soluble solids, electrical conductivity and total soluble ionic solids, with periodic evaluations of 72 h. Global acidity end after 20 days was 3165 mg/L as acetic acid, its pH (2.79 to 2.87), redox potential (Eh) changes from 192 to 244 mV with a fall of (-52.1 mV). The kombucha drink incorporates components of tea that confer functional properties and energising.

Key words: Biotechnology, acetic acid fermentation, process, kombucha.

INTRODUCCIÓN

Con el nombre genérico de kombucha se conoce el complejo microbiano estructurado en una matriz gelatinosa (*Medusomyces gisevi*), en la que predominan una simbiótica actividad de cepas de *Bacterium xylinum*,

Bacterium gluconicum, *Gluconobacter oxydans* y *Acetobacter xylinum*, *A. xylinoides*, *A. aceti*, *A. Pausterianus*; entre las levaduras se ha indentificado *Candida sp.*, *Kloeckera sp.*, *Schizosaccharomyces pombe*, *S. ludwigii*, *S. cerevisiae*, *Torulospira, sp.* y *Zygosaccharomyces bailii* (Teoh *et al.*, 2004; Balentine *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 1996; Mayser *et al.*, 1995). El complejo microbiano usa como sustrato te edulcorado, propiciando la evolución de una bebida y estimulante con beneficios a la salud (Malbaša *et al.*, 2011; Teoh *et al.*, 2004; Dufresne and Farnworth, 2000; Greenwalt *et al.*, 1998; Blanc, 1996; Sievers *et al.*, 1995; Mayser *et al.*, 1995). La kombucha generada del proceso fermentativo, es una bebida refrescante de sabor ácido ligeramente punzante, debido al dióxido de carbono disuelto, de características similares a la cidra elaborada con manzana. Durante la fermentación el suave y delicado sabor del mosto enriquecido con azúcar, cambia a deleitable producto de tenor acético, la infusión elaborada como sustrato incorpora cafeína y epicatequinas, epigalocatequina, galato de epicatequina y galato de epigalocatequina propios del té, haciendo que el producto exhiba propiedades funcionales, habiéndose demostrado efectos positivos a nivel de tracto gástrico, reducción de la arterioesclerosis, reumatismo, gota, eliminación de toxinas, reducción de diabetes, hemorroides, estrés y angina de pecho (Teoh *et al.*, 2004; Dufresne and Farnworth, 2000; Reiss, 1994). El uso terapéutico igualmente ha sido probado en la reducción de peso, el tratamiento de cáncer, debido principalmente a la actividad antirradicalaria aportada por los fenoles que aporta el té y que se incorporan a la matriz final, (Malbaša *et al.*, 2011; Jayabalan *et al.*, 2008). En el contexto anterior se ha planteado la evaluación del proceso fermentativo inducido por la matriz gelatinosa de kombucha sobre sustrato de fructosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación del proceso fermentativo que se relaciona en este trabajo, se adelantó haciendo uso de cepas madre de un complejo tipo Kombucha, con adaptación previa en solución azucarada de 30 °brix a 25 °C, siguiendo las directrices de Goh *et al.* (2012). Como sustrato se emplearon soluciones de fructosa de 20 °Brix, incorporando una matriz acuosa de té, rojo (Dewei teTM), negro (Delita teTM) y verde (BeijinJoint Zhong An Tang Bio-techTM), que fueron dispuestas por duplicado en reactores 4.0 L. En todos los casos se usó agua destilada de $0,20 \mu\text{S cm}^{-1}$ con esterilización previa. Se dispuso como control complejo de Kombucha en agua destilada, en proporción de $7,0 \pm 0,1 \text{ g}/2,5 \text{ L}$. Las mezclas resultantes se homogenizaron tomando cuidado de no disgregar el complejo. Durante 20 días se monitoreo el complejo de reacción, determinando cambios a través de los parámetros de acidez total, expresada como ácido acético (mg/L), el pH, potencial redox (Eh, mv), los sólidos solubles, la conductividad eléctrica (C.E., mS/cm) y los sólidos iónicos solubles totales (TCD, ppt), con evaluaciones periódicas de 72 h. el crecimiento de la Kombucha se determinó mediante gravimetría al final el proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El complejo gelatinoso de kombucha, que trabaja de manera simbiótica con cepas de bacterias y levaduras en

condiciones anaerobias obtiene margen energético de ganancia de la oxidación de la fructosa que es usada como fuente de carbono. Cada agente microbiano asociado a un sistema fermentativo, tiene un intervalo típico de pH dentro del cual es posible su crecimiento, éste parámetro juega un papel importante en la actividad de microbiana. Los cambios de pH de los mostos de té fermentado a 20 °Brix, presentan un comportamiento similar (Tabla 1). En el caso de los tres tipos de té la tasa de cambio en descenso es $-0,025$ (verde) $< -0,0235$ (negro) $< -0,0405$ (rojo) UpH/día. Los mayores cambios en la acidez se presentaron en las infusiones de té té rojo (5653) $<$ negro (5678) $<$ verde (5700), en mg de ácido acético/L. La fracción final de sólidos solubles ha sido de 8,20 (té rojo) $<$ 9,11 (verde) $<$ 10,3 g/100g. La conductividad (C.E) y los sólidos iónicos totales disueltos (TCD) de los tres casos son semejantes. El potencial redox (Eh) está asociado a las mediciones de pH, con valores iniciales de 198,7 a 246 mV (te rojo). El comportamiento global del sistema evaluado podría obedecer al efecto inhibitor ejercido por algunos de los componentes de las variedades de té frente al complejo de kombucha o en la masa activa real del complejo de kombucha usado. Los resultados encontrados son consistentes con otras investigaciones reportadas en la literatura (Goh *et al.*, 2012; Chen and Liu, 2000; Hwang *et al.*, 1999; Madigan *et al.*, 1997). En la Figura 1 se ilustra la evolución del pH, los sólidos solubles y la acidez (meq/L), en un periodo de 20 días.

Tabla 1. Parámetros de referencia iniciales y finales asociados al proceso fermentativo de mosto der fructosa y té inducido por kombucha.

Té	pHo	pHF	ATo	ATF	°Brix	BrixF
Negro	3,61±0,04	3,14±0,07	694 ± 7,60	6372±16,2	20,3±0,10	10,3±0,20
Rojo	3,64±0,15	2,83±0,06	887 ± 9,10	6540±76,8	20,0±1,2	8,20±1,3
Verde	3,60±0,20	3,10±0,46	771 ±16,4	6471±22,7	20,5±0,70	9,11±0,12
	CEO	CEF	TCD0	TCDF	Eh0	EhF
Negro	0,27±0,02	0,472±0,13	0,13±0,02	0,26±0,04	201±7,82	228±7,82
Rojo	0,24±0,01	0,510±0,12	0,110±0,01	0,245±0,05	198,7±9,82	246,7±7,46
Verde	0,28±0,01	0,455±0,14	0,14±0,01	0,225±0,07	201,1±10,1	230,7±10,4

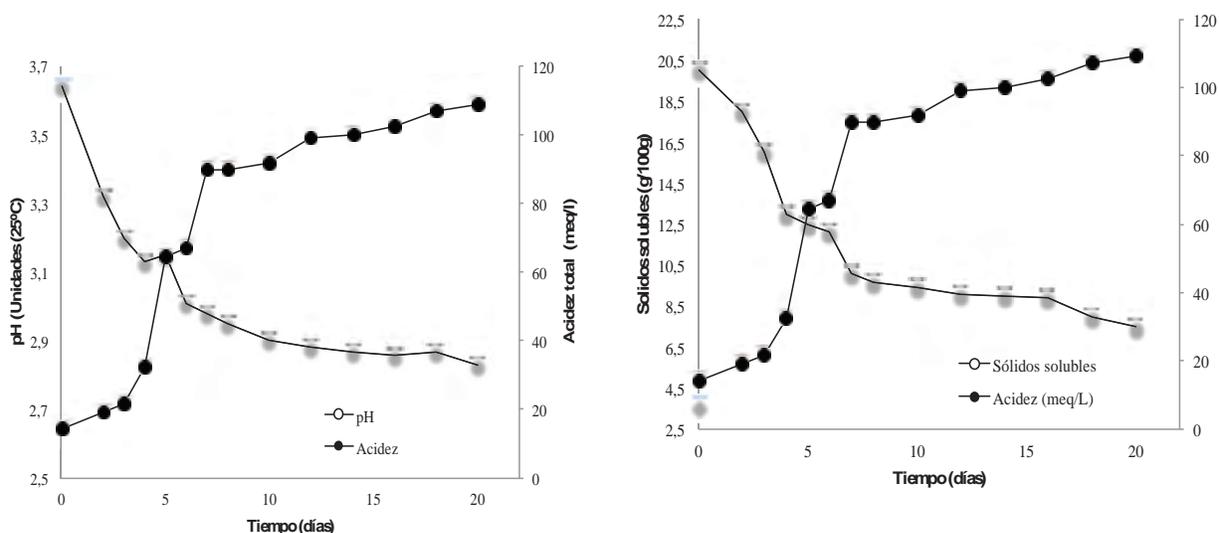


Figura 1. Perfil típico para los cambios de pH y evolución de la acidez total en un proceso fermentativo inducido por complejo de kombucha sobre sustrato de fructosa.

CONCLUSIONES

El trabajo ha permitido evaluar la evolución del proceso de fermentación acética sobre infusiones de té edulcoradas con fructosa, usando un complejo gelatinoso de kombucha, con reducción gradual de los sólidos solubles que coexisten una fracción ácida inserta en una matriz fenólica provenientes del té, evolución de ácido acético y el dióxido de carbono soluble que le confiere ligero sabor punzante al producto final.

BIBLIOGRAFIA

- Chen, C. and B.Y Liu. 2000. Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology* 89(5): 834-839
- Dufresne, C and E. Farnworth. 2000. Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Research International* 33(6): 409- 421.
- Balentine, D.A., S.A. Wiseman and L.C. Bouwens. 1997. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37(8): 693-704.
- Blanc, P.J. 1996. Characterization of the tea fungus metabolites. *Biotechnology Letters* 1(8):139 - 142
- Hwang, J.W., Y.K. Yang, J.K. Hwang, Y.R. Pyun and Y.S. Kim. 1999. Effects of pH and dissolved oxygen on cellulose production by *Acetobacter xylinum* BRC5 in agitated culture. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 88(2): 183-188.
- Jayabalan, R., P. Subathradevi, S. Marimuthu, M. Sathishkumar and K. Swaminathan. 2008. Changes in the free- radical scavenging ability of Kombucha tea during fermentation. *Food Chemistry* 109(1): 227-234
- Goh, W.N., A. Rosma, B. Kaur, A. Fazilah, A.A. Karim and R. Bhat. 2012. Fermentation of black tea broth (kombucha): I. effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose. *International Food Research Journal* 19(1): 109-117
- Greenwalt, C.J., R.A. Ledford and K.H. Steinkraus. 1998. Determination and characterization of the anti-microbial activity of the fermented tea Kombucha. *LWT-Food Science and Technology* 31(3): 291-296.
- Liu, C.H., W.H Hsu, F.L. Lee, and C.C. Liao. 1996. The isolation and identification of microbes from a fermented tea beverage, Haipao, and their interactions during Haipao fermentation. *Food Microbiology* 13(6): 40-415.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko and J. Parker. 1997. *Brock Biology of Microorganisms* Eighth 8th Edition. Prentice Hall International, USA. pp. 986.
- Malbaša, R., E.S. Lončar, J.S. Vitas and J.M. Čanadanović-Brunet. 2011. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. *Food Chemistry* 127(4):1727-1731.
- Mayer, P., S. Fromme, C. Leitzmann and K. Gründer. 1995. The yeast spectrum of the tea fungus kombucha. *Mycoses* 38(7-8): 289-295.
- Reiss, J. 1994. Influence of different sugars on the metabolism of the tea fungus. *Zeitschrift für Lebensmittel- Untersuchung und -Forschung* 198(3): 258-261.
- Sievers, M., C. Lanini, A. Weber, U. Schuler-Schmid and M. Teuber. 1995. Microbiology and fermentation balance in Kombucha beverage obtained from a tea fungus fermentation. *Systematic and Applied Microbiology* 18(4): 590-594.
- Teoh, A.L., G. Heard and J. Cox. 2004. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology* 95(2): 119-126.

Efecto del Ultrasonido de Alta Potencia en la Estabilidad de Emulsiones Modelo Cárnicas

Effect of High Potency Ultrasound on Model Meat Emulsions Stability

Violeta Ugalde-Benítez¹; María Eugenia Jaramillo-Flores²; Arturo Rojo-Domínguez¹ e Isabel Guerrero-Legarreta¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana. Apartado Postal 55-535, C.P. 09340, México D.F. e-mail: violetaugalde@gmail.com; isabel_guerrero_legarreta@yahoo.com

² Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

Resumen. La aplicación de ultrasonido de alta potencia disminuyó significativamente ($P < 0,05$) el tamaño medio de los glóbulos ($d_{3,2}$, mm) de emulsiones modelo cárnicas gruesas ($d_{3,2} = 4,3$ mm) preparadas con aceite de pescado MEG-3®. El $d_{3,2}$ (mm) disminuyó al aumentar la amplitud de ultrasonido de 30 a 50% (1,5 y 1,2 mm, respectivamente), sin embargo, registró un aumento al incrementar la amplitud hasta 70% (1,6 mm). El tratamiento de las emulsiones modelo cárnicas suministrando 50% de amplitud de ultrasonido permitió aumentar la estabilidad de las emulsiones modelo cárnicas incubadas a 37 °C, puesto que no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el tamaño medio de los glóbulos ($d_{3,2}$, mm) durante un tiempo total de 120 h.

Palabras clave: Sonicación, aceite de anchoa-sardina, EPA, DHA.

Abstract. High potency ultrasound applied on meat emulsions significantly decreased ($P < 0.05$) globule mean diameter ($d_{3,2}$, mm) to coarse systems ($d_{3,2} = 4.3$ mm), formulated with a commercial fish oil (MEG-3®), $d_{3,2}$ (mm) decreased as ultrasound amplitude increased from 30 to 50% (1.5 and 1.2mm, respectively), although a further increase was observed when at 70% amplitude (1.6 mm). Applying 50% ultrasound amplitude to model meat emulsion increased stability when stored at 37 °C, as not significant differences ($P > 0.05$) were observed for globule mean size ($d_{3,2}$, mm) for 120 h total study time.

Key words: Sonication, anchovy-sardine oil, EPA, DHA.

INTRODUCCIÓN

El potencial de las proteínas miofibrilares para formar y estabilizar emulsiones o/w, utilizando aceites vegetales como fase dispersa se ha reportado con anterioridad (García Barrientos *et al.*, 2006). Debido a la carencia de estudios concretos que evalúen la estabilidad física de emulsiones formuladas empleando proteínas miofibrilares como agente emulsificante y aceites marinos ricos en ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3: EPA y DHA, como fase dispersa, el objetivo

de este trabajo es evaluar el efecto de la amplitud de ultrasonido de alta potencia en el tamaño de los glóbulos de la emulsión y su relación con la estabilidad física de emulsiones modelo cárnicas preparadas con aceite de pescado incubadas a 37 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras del músculo de cerdo *Longissimus dorsi* se obtuvieron de un mercado local cercano a la universidad. El aceite de pescado comercial MEG-3® concentrado y refinado, con alto contenido de ácidos grasos EPA y DHA, fue proporcionado por la compañía canadiense Ocean Nutrition Canada Limited™.

Preparación del extracto proteico miofibrilar y determinación de proteína. Las proteínas miofibrilares se extrajeron de muestras del músculo *Longissimus dorsi* de carne de cerdo de acuerdo a la técnica descrita por García Barrientos *et al.*, (2006). La cantidad de proteína presente en el extracto miofibrilar se determinó usando el método de biuret (Gornall *et al.*, 1948) utilizando una curva estándar de ovoalbúmina, preparada previamente.

Efecto de la amplitud de ultrasonido de alta potencia en el tamaño de los glóbulos de la emulsión y evaluación de la estabilidad física de emulsiones modelo. Se prepararon emulsiones modelo gruesas con solución de extracto miofibrilar (10,7 mg/mL) como fase continua y aceite de pescado MEG-3® (9,3%) como fase dispersa. Las fases de la emulsión se homogenizaron por agitación a una velocidad de 15000 rpm por 2 min (Alamed *et al.*, 2006) y a 4 °C en un baño de hielo con un homogenizador IKA T10 basic ULTRA-TURRAX®. Las emulsiones modelo gruesas se sonicaron utilizando un equipo SONICS vibracell™ VCX130 aplicando porcentajes de amplitud: 30, 50 y 70%. El diámetro medio de la superficie equivalente ($d_{3,2}$, mm) de los glóbulos de la emulsión se determinó usando un equipo Malvern MasterSizer Micro. Las emulsiones modelo cárnicas sonicadas con las distintas amplitudes de ultrasonido, se incubaron a 37 °C y se evaluó su estabilidad física determinando los cambios en el $d_{3,2}$ (mm) a lo largo del tiempo (0-120 h).

Diseño de experimentos y análisis estadístico de los datos. Se realizaron diseños completamente al azar con tres tratamientos (30, 50 y 70% de amplitud) para la pruebas del efecto de la amplitud de ultrasonido de alta potencia y con seis tratamientos (0, 24, 48, 72, 96 y 120 h) para evaluar la estabilidad de las emulsiones incubadas a 37 °C. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Duncan con ayuda del paquete estadístico Minitab® v.11 para observar las diferencias en los valores medios del $d_{3,2}$ (mm) a un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tamaño medio de los glóbulos de las emulsiones modelo cárnicas gruesas ($d_{3,2} = 4,3$ mm) disminuyó significativamente ($P < 0,05$) al aplicar ultrasonido de alta potencia. Las emulsiones sonicadas con 30, 50 y 70% de amplitud mostraron valores del $d_{3,2}$ (mm): 1,5, 1,2 y 1,6 mm, respectivamente. El ANOVA permitió observar diferencias significativas ($P < 0,05$) en el $d_{3,2}$ (mm) por efecto del porcentaje de amplitud de ultrasonido utilizado en las emulsiones modelo sometidas a sonicación (Figura 1).

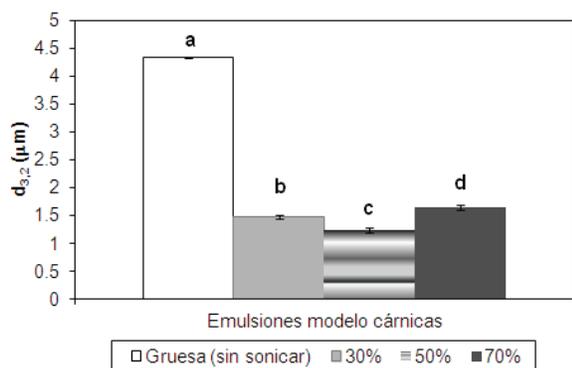


Figura 1. Tamaño medio de los glóbulos en la emulsión modelo cárnica ($d_{3,2}$ en mm) preparada con aceite de pescado MEG-3®. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en los valores $d_{3,2}$ (mm).

Los resultados mostraron que el $d_{3,2}$ (mm) disminuyó al aumentar la amplitud de ultrasonido de 30 a 50%, sin embargo, registró un aumento al incrementar la amplitud hasta 70% (Figura 1). Juliano et al. (2011) reportaron que la aplicación de ultrasonido en amplitudes altas aumentó el tamaño de los glóbulos de la emulsión en emulsiones preparadas a partir de leche y en leche bronca. En la Tabla 1 se muestra el efecto de la amplitud de ultrasonido en la estabilidad física de las emulsiones modelo cárnica. Se observó que las emulsiones sonicadas con 50% de amplitud fueron las más estables

Tabla 1. Diámetro promedio de la superficie de los glóbulos $d_{3,2}$ (μm) en emulsiones modelo cárnicas almacenadas a 37 °C. Los valores representan el promedio \pm SD. Los promedios con letras diferentes en la misma columna o en la misma fila (a-c) son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tiempo de incubación (h)	Amplitud de ultrasonido (%)		
	30	50 $d_{3,2}$ (mm)	70
0	1,5 \pm 0,04a	1,2 \pm 0,06b	1,6 \pm 0,06c
24	-	1,2 \pm 0,04b	1,6 \pm 0,09c
48	-	1,2 \pm 0,06b	1,6 \pm 0,08c
72	-	1,2 \pm 0,04b	1,7 \pm 0,01c
96	-	1,2 \pm 0,09b	-
120	-	1,2 \pm 0,07b	-

puesto que no se observó separación de fases ni cambios significativos ($P > 0,05$) en los valores $d_{3,2}$ (mm) durante 120 h de incubación a 37 °C. Si bien, la estabilidad de una emulsión es dependiente de muchos parámetros, el tamaño de los glóbulos de la fase dispersa es crucial (Mosavian y Hassani, 2010).

CONCLUSIÓN

La aplicación de ultrasonido de alta potencia permitió disminuir significativamente el tamaño promedio de los glóbulos en las emulsiones modelos cárnicas. En los sistemas preparados con aceite de pescado MEG-3®, la reducción del tamaño de los glóbulos al aplicar 50% de amplitud de ultrasonido contribuyó a aumentar la estabilidad física de los sistemas dispersos incubados a 37 °C.

BIBLIOGRAFÍA

- Alamed, J., D. J. McClements and E.A. Decker. 2006. Influence of heat processing and calcium ions on the ability of EDTA to inhibit lipid oxidation in oil-in-water emulsions containing omega-3 fatty acids. *Food Chemistry* 95(4): 585-590.
- García-Barrientos, R., M. L. Pérez-Chabela, J.G. Montejano and I. Guerrero-Legarreta. 2006. Changes in pork and shark (*Rhizopriondon terraenovae*) protein emulsions due to exogenous and endogenous proteolytic activity. *Food Research International* 39(9): 1012-1022.
- Gornall, A.G., C.J. Bardawill, and M.M. David. 1948. Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry* 177: 751-766.
- Juliano, P., A. Kutter, L.J. Cheng, P. Swiergon, R. Mawson and M.A. Augustin. 2011. Enhanced creaming of milk fat globules in milk emulsions by the application of ultrasound and detection by means of optical methods. *Ultrasonics Sonochemistry* 18(5): 963-973.
- Mosavian, M.T.H., A. Hassani. 2010. Making oil-in-water emulsions by ultrasound and stability evaluation using Taguchi method. *Journal of Dispersion Science and Technology* 31(3): 293-298.

Bacterias Ácido Lácticas para el Control de Hongos Fitopatógenos

Lactic Acid Bacteria to Control of Phytopathogenic Fungi

Liliana Serna-Cock¹; Luisa Fernanda Lozada-Corrales²; Leidy Johana Valencia-Hernández³; Karina López-López⁴

1 Profesora Asociada, Facultad Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. lserna@unal.edu.co.

2 Joven Investigadora, Colciencias- Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. lflozadac@unal.edu.co.

3 Biotecnología Vegetal, Estudiante de Maestría, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. ljvalenciah@unal.edu.co.

4 Profesora Asociada, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. klopezl@unal.edu.co

Resumen. La industria de alimentos ha tenido demanda creciente de productos agrícolas libres de agroquímicos. No obstante, problemas fitosanitarios siguen siendo una constante en la cadena productiva de algunos alimentos, lo cual ha dado lugar a alternativas de control biológico, como el uso de bacterias ácido lácticas. Se evaluó la actividad fungistática *in vitro* e *in vivo* de biomasa de *Weissella confusa* contra una especie de *Fusarium*, la cual se encuentra asociada a pudrición basal en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran. La evaluación *in vitro* se realizó en placas de Agar Papa Dextrosa, donde *Fusarium* fue enfrentado a *W. confusa*. Para la evaluación *in vivo*, se inocularon frutos de pitahaya amarilla, con el hongo y la bacteria. La actividad fungistática se evaluó 15 días después de la inoculación de los frutos. La actividad fungistática de *W. confusa* fue de 48,56%, en pruebas *in vitro*, y de 2,3 en las pruebas *in vivo*. Estos resultados demuestran que *W. confusa* presenta potencial de control biológico en cultivos de pitahaya amarilla.

Palabras clave: *Weissella confusa*, *Fusarium* 17, pitahaya amarilla, pudrición basal.

Abstract. Food industry has increased the demand for chemical free agricultural products. However, phytosanitary problems remain a constant in the supply chain of some foods, which has led to biological control alternatives, such as the use of lactic acid bacteria. The fungistatic activity, *in vitro* and *in vivo* and biomass produced by *Weissella confusa* against a species of *Fusarium* species were evaluated. The fungus is associated with basal rot in yellow pitahaya *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran. The evaluation *in vitro* on Potato dextrose Agar plates was performed, where *Fusarium* were inoculated with *W. confusa*. For *in vivo* evaluation, yellow pitahaya fruits were inoculated with the fungus and bacteria. The fungistatic activity 15 days after inoculation fruits was assessed. The fungistatic activity of *W. confusa* was 48.56%, *in vitro* tests, and 2.3 in the *in vivo* tests. These results demonstrate that *W. confusa* have potential for biological control in crops of yellow pitahaya.

Key words: *Weissella confusa*, *Fusarium* 17, Yellow pitahaya, basal rot.

INTRODUCCIÓN

Fusarium es uno de los principales patógenos que causan enormes pérdidas en cultivos agrícolas alrededor del mundo. En frutales, como pitahaya amarilla, especies de *Fusarium* se han asociados a pudrición basal. El uso de agroquímicos para control de este patógeno ha generado problemas en el suelo y resistencia a estos compuestos (Agris, 2005). Por ello, se han estudiado otras alternativas, como el control biológico a través del uso de bacterias ácido- lácticas (BAL). En este estudio se evaluó la actividad fungistática *in vivo* e *in vitro* de biomasa producida por *Weissella confusa* (W) contra una especie de *Fusarium* (17) la cual se encuentra asociada a pudrición basal en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo de *W. confusa* y *Fusarium* (17). La obtención de la biomasa de *W. confusa* (W) se realizó siguiendo la metodología de Serna *et al.* (2010, 2012). *Fusarium* (F17) se creció en agar papa dextrosa (PDA) a 25 °C por 7 días hasta esporulación.

Actividad fungistática *in vitro* e *in vivo*. Prueba *in vitro*: se utilizaron placas de Petri con agar PDA, se realizaron siembras en superficie para la BAL y el hongo; y se inocularon por 2 días a 37°C, seguido por una incubación a 25°C. Para calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo se realizó un análisis de las placas con el software IMAGE J.

Prueba *in vivo*: frutos sanos de pitahaya amarilla se recolectaron en estado de madures 3 y se desinfectaron. Las pruebas de inoculación se desarrollaron siguiendo la metodología propuesta por Hernández - Rodríguez *et al.*, (2008) con algunas modificaciones: Los frutos se inocularon

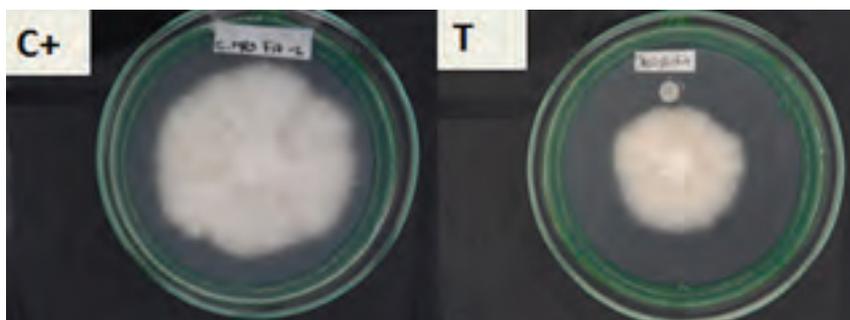


Figura 1. Actividad fungistática *in vitro* de W contra F17 (T). (C+: control positivo, prueba sin inoculación de W).



Figura 2. Frutos de pitahaya amarilla infectados con F17 e inoculados con biocontrolador W (T). (C+: control positivo, fruta inoculada con F17; C-: control negativo, frutos inoculados con W).

en la base con 50 μ L de W y 50 μ L de F17. Como control positivo se inocularon frutos con F17 únicamente. Como control negativo, se inocularon frutos con W. Los frutos se almacenaron a 25 °C y a una humedad relativa de 35- 40%. La actividad fungistática se evaluó 15 días después de la inoculación de los frutos. Se utilizó una escala de valoración de 1 a 5; siendo 1 la calificación para frutos sin daño y 5 la calificación para frutos totalmente afectados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan los resultados de la actividad fungistática *in vitro* de W contra F17, donde se obtuvo una actividad fungistática de 48,56 %. Una vez evaluada el potencial de W contra F17 *in vitro*, se procedió a evaluar su efectividad *in vivo*, es decir, en fruto de pitahaya amarilla directamente.

La Figura 2 presenta frutos de pitahaya amarilla 15 días después de infectados con F17 e inoculados con W. Se observa que los frutos inoculados con el fitopatógeno (C+) desarrollaron podredumbre basal en pedúnculo y brácteas, sin embargo los frutos co-inoculados con W (Figura 2, T) desarrollaron en menor porcentaje la enfermedad (calificación de 2,0 en la escala de valoración). El control (C+) se valoró con calificación de 4,7.

Se observó la presencia del hongo en pedúnculo y brácteas a partir del cuarto día de inoculación, con aparición de lesiones de coloración café. En el sexto día, las lesiones se tornaron de color rojizo. Doce días después la pudrición se manifestó con pardeamiento y ablandamiento de la base del fruto. Se consideró que el uso del biocontrolador redujo el área afectada por podredumbre basal en 95% cuando se trató con W. Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos por Hernández-Rodríguez, *et al.*, (2008) quienes en pruebas de actividad fungistática con Rhizobacterias lograron reducir entre 66,7 y 88,9% los síntomas ocasionados por *Fusarium verticillioides* en maíz (*Zea mays* L.).

CONCLUSIONES

W. confusa tiene potencial para controlar pudrición basal causada por *Fusarium* 17. Estos resultados podrían extrapolarse hacia otros productos agrícolas de importancia económica en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, al BID Banco Interamericano de Desarrollo y Asopitaya por el financiamiento de esta investigación y al profesor Eyder Daniel Gómez López por la donación de la cepa de *Fusarium* F17.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press, London.
- Hernandez-Rodriguez, A., M. Heydrich-Perez, Y. Acebo-Guerrero, M.G. Velazquez-del Valle and A.N. Hernandez-Lauzardo. 2008. Antagonistic activity of Cuban native rhizobacteria against *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenb. In maize (*Zea mays* L.). Applied Soil Ecology 39: 180-186.
- Serna, L.C., L.J.H. Valencia y R.G. Campos. 2010. Cinética de fermentación y acción antimicrobiana de *Weissella confusa* contra *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae*. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. 55: 55-65.
- Serna, L.C., C.E. Enríquez-Valencia, E.M. Jiménez-Obando and R.G. Campos. 2012. Effects of fermentation substrates and conservation methods on the viability and antimicrobial activity of *Weissella confusa* and its metabolites. Electronic Journal of Biotechnology 15(3): 1.

Efecto del Método de Extracción sobre el Perfil Químico y la Actividad Antimicrobiana del Polen Apícola Cosechado en el Departamento de Antioquia

Effect of Extraction Method on the Chemical Profile and Antimicrobial Activity of Bee Pollen Harvested in the Department of Antioquia

Andrés Mesa¹; Jesús Gil²; Diego Durango³

1 Estudiante de maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias. afmesav@unal.edu.co.

2 Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias. jhgil@unal.edu.co

3 Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias.dldurango@unal.edu.co

Resumen. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del método de extracción sobre el perfil químico y la actividad antimicrobiana del polen apícola. La extracción del polen se realizó mediante Soxhlet, con solventes de polaridad creciente, y por sonicación directa en metanol. El perfil químico cualitativo de los extractos se determinó mediante cromatografía gaseosa y la actividad antibacteriana se evaluó por el método de la placa perforada. En los extractos metanólicos obtenidos por sonicación, se estableció la presencia de ácido láctico, aminoácidos, azúcares y ácidos grasos; mientras que en los extractos obtenidos por Soxhlet con diferentes solventes se observaron, además, esteroides y flavonoides. Finalmente, el extracto de acetato de etilo obtenido por Soxhlet exhibió la mayor actividad contra bacterias Gram positivas y negativas. El método de extracción y la polaridad del solvente afectaron el rendimiento y la actividad antimicrobiana en el polen apícola.

Palabras clave: Polen de abejas, Soxhlet, sonicación.

Abstract. The effect of extraction method on the chemical profile and antimicrobial activity of bee pollen was evaluated in this study. Pollen extraction was performed by Soxhlet, with solvents of increasing polarity, and by direct sonication

in methanol. The qualitative chemical profile of the extracts was determined by gas chromatography and the antibacterial activity was evaluated by the method of the orifice plate. In the methanol extracts obtained by sonication, the presence of lactic acid, amino acids, sugars and fatty acids was established; while in the extracts with different solvents obtained by Soxhlet also were observed steroids and flavonoids. Finally, the ethyl acetate extract obtained by Soxhlet exhibited the greatest activity against Gram positive and negative bacteria. The method of extraction and solvent polarity affected the performance and antimicrobial activity in beekeeping pollen.

Key words: Bee pollen, Soxhlet, sonication.

INTRODUCCIÓN

El polen de las abejas es un producto apícola utilizado en dietas humanas debido a su valor nutricional (Feas *et al.*, 2012). Con el análisis y estudio de las propiedades nutricionales y terapéuticas del polen de abejas (*Apis mellifera*) la ciencia moderna ha hecho posible especificar su valiosa actividad antimicrobiana, antifúngica, antioxidante, hepatoprotectora y antiinflamatoria. Varios estudios químicos, bioquímicos y

microbiológicos se han llevado a cabo con el fin de identificar la amplia variedad de compuestos del polen de abejas (Silva *et al.*, 2006). El perfil químico y la actividad biológica de un extracto varían de acuerdo con la metodología de extracción y la naturaleza química de los solventes empleados. La extracción del polen con metanol se ha empleado para la obtención de fenoles y el estudio de actividad antioxidante y antimicrobiana (Pascoal *et al.*, 2014; Morais *et al.*, 2011). Asimismo, por medio de la extracción Soxhlet es posible obtener extractos de naturaleza química diferente mediante el empleo de solventes de polaridad creciente. La presente investigación busca evaluar algunos métodos de extracción y su efecto en los perfiles químicos y la actividad antimicrobiana de muestras de polen recolectado en el departamento de Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las muestras de polen de abeja. Tres muestras de polen seco, identificadas como P01, P02 y P03, provenientes de apiarios ubicados en los municipios de Jericó (suroeste del departamento de Antioquia) y La Unión (oriente antioqueño), fueron analizadas. La extracción de las muestras se realizó por dos metodologías: a) extracción por sonicación con metanol y b) extracción Soxhlet con solventes de polaridad creciente.

Extracción mediante sonicación. El polen se extrajo con metanol (3 x 15 mL) mediante sonicación durante 15 minutos. Posteriormente, se centrifugó a 20°C y 4.500 revoluciones durante 10 minutos, y el sobrenadante se empleó para determinar el contenido de sólidos solubles (método de la estufa, 60 °C) y el rendimiento de la extracción.

Proceso de extracción en Soxhlet. Se realizó sucesivamente con solventes de polaridad creciente (hexano, acetato de etilo, metanol) durante 3-4 horas. Al final del proceso, se rotaevaporó cada uno de los solventes y el residuo se secó completamente en estufa por 2 horas a 60°C; finalmente, se pesó el residuo seco y se calculó el rendimiento de la extracción.

Análisis de los extractos de polen por CG-EM. Se realizó un análisis del perfil químico de los extractos polen, previamente derivatizados, mediante CG-EM.

Actividad antimicrobiana de los extractos de polen de abeja. La actividad antimicrobiana de los extractos de polen a una concentración de 10% se determinó mediante el método de la placa perforada; se emplearon bacterias Gram-positivas y/o Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus*

cereus) y el hongo *Aspergillus flavus*. Como control positivo se empleó ampicilina sulbactam (1000 µg mL⁻¹); el medio de cultivo fue agar Mueller-Hinton y los halos de inhibición se registraron en mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extractos de polen apícola obtenidos por sonicación y Soxhlet. En total se obtuvieron 12 extractos. Los rendimientos obtenidos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Rendimiento del proceso de extracción con solventes para el polen apícola cosechado en el departamento de Antioquia.

Análisis	P01	P02	P03
Extracción por Sonicación			
Rendimiento extracto metanólico (%)	53,77	55,08	55,84
Extracción Soxhlet			
Extracto hexánico (%)	2,72	4,03	2,74
Extracto de acetato de etilo (%)	3,06	5,26	6,24
Extracto metanólico	18,87	22,34	21,75
Rendimiento total (%)	24,65	31,63	30,73

Mediante el método de extracción por sonicación se obtuvieron los mayores rendimientos, en comparación con el rendimiento total obtenido cuando se empleó el método Soxhlet. Algunas investigaciones indican que los compuestos de interés en el polen se encuentran al interior de la pared externa del polen (LeBlanc *et al.*, 2009); por lo tanto, la sonicación puede favorecer la extracción por disrupción del granulo. Los resultados también permiten inferir que el polen está compuesto principalmente de compuestos de naturaleza medianamente polar extractables en metanol.

Análisis de los extractos de polen mediante CG-EM. En particular, los extractos metanólicos obtenidos por sonicación presentaron mayor abundancia de ácido láctico, aminoácidos (prolina, leucina), azúcares y derivados (glucosa, fructosa, ácidos glucáricos y poliholes), ácidos grasos y derivados (hexanoico, oleico y sus ésteres); mientras que los extractos obtenidos por Soxhlet presentaron perfiles químicos diferenciados en composición cualitativa y cuantitativa. En la Figura 1 se muestran los perfiles cromatográficos de los extractos obtenidos con acetato de etilo y metanol empleando el método Soxhlet.

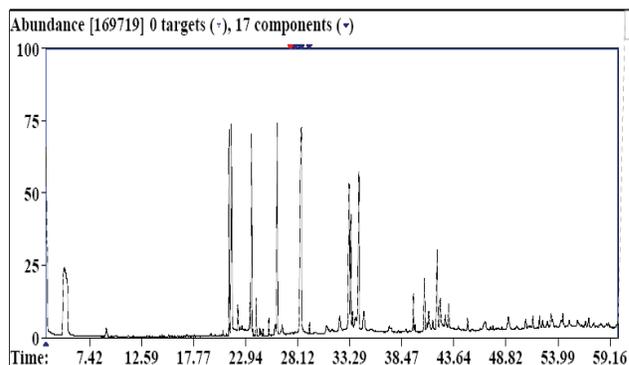
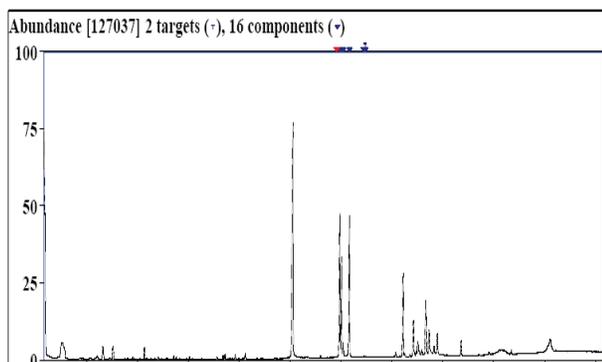


Figura 1. Perfil cromatográfico de los extractos de polen obtenidos mediante extracción soxhlet con los solventes acetato de etilo (A) y metanol (B).

En el extracto de acetato se destaca la presencia de esteroides como el acetato de pregnenolona, flavonoides como la pterocarpina, y algunos ácidos grasos y derivados; por su parte, en el extracto metanólico obtenido por Soxhlet se detectaron compuestos polares como el ácido láctico, azúcares, aminoácidos y en menor proporción ácidos grasos.

Actividad antimicrobiana de los extractos de polen de abeja obtenidos por sonicación y por el método soxhlet:

En la Tabla 2 se muestran los resultados de inhibición microbiana de los extractos obtenidos por sonicación y Soxhlet. Los extractos obtenidos por el método soxhlet con acetato de etilo presentaron inhibición de crecimiento de todas las bacterias evaluadas, excepto para *E. coli* en las muestras PO2 y PO3. Adicionalmente, el efecto antimicrobiano de este extracto fue similar al obtenido con el control para la bacteria *B. cereus*. Solo *S. aureus* fue sensible a los extractos de cada

una de las muestras obtenidos con hexano y acetato de etilo. Posiblemente, la actividad antimicrobiana está asociada a la naturaleza química de los compuestos presentes (esteroides y flavonoides) en los extractos obtenidos con solventes de polaridad baja a media. Similarmente, Pascoal *et al.*, (2014) encontraron que *S. aureus* fue sensible a los extractos de polen, mientras que *E. coli* presentó la mayor resistencia.

Las muestras se identificaron de acuerdo con el método de extracción y solvente empleado (sonicación con metanol:MS; Soxhlet con hexano, acetato de etilo y metanol: H, A y Me, respectivamente).

CONCLUSIÓN

Los mayores rendimientos de extracción del polen se obtuvieron a través de la sonicación empleando metanol como solvente; sin embargo, este extracto no presentó

Tabla 2. Actividad antimicrobiana de los extractos de polen apícola obtenidos por sonicación y soxhlet.

Muestras		Actividad antimicrobiana (Inhibición de crecimiento en mm)				
		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. cereus</i>	<i>A. flavus</i>
Control (Ampicilina Sulbactam)		14-15	18-20	15-16	9-10	-----
Soxhlet - Hexano	PO1-H	-----	12	-----	-----	-----
	PO2-H	-----	10	-----	-----	-----
	PO3-H	10-11	11-12	8-10	7	-----
Soxhlet - Acetato de Etilo	PO1-A	14-15	13-14	11-12	10-12	-----
	PO2-A	-----	10-11	10-11	8-9	-----
	PO3-A	-----	8-9	12-14	8	-----
Soxhlet - Metanol	PO1-Me	-----	-----	-----	-----	-----
	PO2-Me	-----	-----	-----	-----	-----
	PO3-Me	-----	-----	-----	-----	-----
Sonicado	PO1-MS	-----	-----	-----	-----	-----
	PO2-MS	-----	-----	-----	-----	-----
	PO3-MS	-----	-----	-----	-----	-----

actividad antimicrobiana bajo las condiciones de evaluación; posiblemente, los azúcares y aminoácidos presentes en el extracto actúan como sustrato para los microorganismos. Por su parte, el extracto de acetato de etilo obtenido por soxhlet exhibió actividad contra bacterias Gram positivas y negativas, acción que puede estar relacionada naturaleza química de los compuestos presentes en el extracto como son esteroides y flavonoides.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia (proyecto: 130301028) y CENIREC-MADR (contrato: 1315820208) por el apoyo económico recibido.

BIBLIOGRAFÍA

Feás, X., M.P. Vázquez-Tato, L. Estevinho, J. Seijas and A. Iglesias. 2012. Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity

and microbiological quality. *Molecules* 17(7): 8359–77.
LeBlanc, B.W., O.K. Davis, S. Boue, A. DeLucca and T. Deeb. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry* 115(4):1299–1305.
Morais, M., L. Moreira, X. Feás and L.M. Estevinho. 2011. Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and chemical toxicology* 49(5): 1096–101.
Pascoal, A., S. Rodrigues, A. Teixeira, X. Feás and L.M. Estevinho. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and chemical toxicology* 63(1): 233–239.
Silva, T. M., C.A. Camara, A.C. da Silva Lins, Barbosa-Filho, M.J., da Silva, E. M. S., Freitas, B. M. and de Assis Ribeiro dos Santos, F. 2006. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6-7): 507–511.

Fermentación Láctica de Masas de Maíz de Calidad Proteica

Lactic Fermentation of Quality Protein Maize

Sandra Patricia Betancourt Botero¹; Cristina Ramírez Toro²; Germán A. Bolívar³

1 Estudiante de Doctorado en Ingeniería, Énfasis Alimentos - Universidad del Valle – Escuela de Ingeniería de Alimentos – Facultad de Ingeniería – Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia.
sandra.patricia.betancourt@correounivalle.edu.co

2 Profesora Asociada, Universidad del Valle – Escuela de Ingeniería de Alimentos Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia

3 Profesor Titular, Universidad del Valle – Biología Marina – Facultad de Ciencias. Cali, Colombia.

Resumen. En Colombia el maíz es un importante alimento básico que una gran parte de la población rural produce para consumo doméstico. El maíz QPM (Quality Protein Maize) es una alternativa para mejorar los productos obtenidos a partir del maíz ya que presenta características nutricionales superiores comparadas con las variedades tradicionales. En Colombia se inició proyecto con el nombre de PAÍS MAÍZ en el cual se introdujo el uso de semilla certificada (híbridos y transgénicos). Las masas de maíz fermentadas son utilizadas para la producción de alimentos autóctonos como tortillas y empanadas “vallunas”, por lo que se realizó el análisis del efecto de la temperatura (TF) y el tiempo (TpF) en la producción celular de *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087-11 DRM) y el cambio de pH durante la fermentación de maíz de alta calidad proteica (QPM). El diseño experimental utilizado fue el compuesto central rotatable y para el análisis estadístico se utilizó Minitab 16®. Los resultados muestran valores máximos para UFC/g y mínimos para pH para TF cercanos a los 40°C.

Palabras clave: Bacterias ácido lácticas, fermentación de masas, pH.

Abstract. Maize is an important staple in Colombia that a large part of the rural population produces for domestic consumption. QPM (Quality Protein Maize) is an alternative to improve the products obtained from corn because it has superior nutritional characteristics compared to traditional varieties. In Colombia was implemented the project CORN COUNTRY in which the use of certified seed (hybrids and GMO) is introduced. The dough of fermented corn is used for the production of indigenous foods as tortillas and empanadas “vallunas”, so the analysis of the effect of temperature (TF) and time (TpF) in the cellular production of *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087-11 DRM) and the change in pH during fermentation of quality protein maize (QPM) was performed. The experimental design was the central composite rotatable for statistical analysis and Minitab 16® was used. The results show maximum values for UFC/g and minimum pH values for TF approaching 40 °C.

Keywords: lactic acid bacteria, dough fermentation, pH.

INTRODUCCIÓN

Los productos basados en cereales se utilizan en la alimentación humana en todo el mundo, de este modo vale la pena considerar el potencial del maíz como producto alimenticio que pueda reunir las cualidades nutricionales necesarias (Corsetti y Settanni, 2007). En Colombia uno de los productos fermentados más importantes es el almidón agrio de yuca que se produce por medio de la fermentación espontánea del almidón nativo durante 20 a 30 días y se utiliza para la preparación de productos tradicionales como el pan de yuca y el pandebono. También se utiliza la fermentación de maíz para la elaboración de masa para empanadas vallunas, tamales, tortillas, etc. Las masas de maíz son producidas tradicionalmente de manera empírica con tiempos de fermentación entre 3 y 7 días. El desconocimiento tanto del proceso como del producto final y la falta de control en la fabricación, hace que las masas obtenidas no sean de calidad constante. En este estudio, se evaluaron las condiciones de proceso TF y TpF, para la producción de masas fermentadas elaboradas con maíz de calidad proteica (QPM) utilizando un inóculo puro de *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087-11 DRM) aislado de masas de maíz fermentadas tradicionalmente en el Valle del Cauca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La harina de maíz fue inoculada, hidratada y prensada en recipientes plásticos; el proceso de inoculación se realizó en cabina de flujo laminar y para la homogenización se utilizó una mezcladora de laboratorio limpia y desinfectada. Para establecer la homogeneidad de la mezcla, se realizaron pruebas preliminares de conteos de células viables a

diferentes tiempos de mezclado en puntos aleatorios de la masa y se calculó la desviación estándar (S), se tomó el tiempo mínimo en el que S fue menor al 10%; la TF se controló utilizando incubadoras programables. Las pruebas se realizaron con base en un diseño compuesto central rotatable, con un nivel de significancia del 5% y se ajustó a un modelo de segundo orden, con las variables de diseño TpF con valores mínimo y máximo de 12 y 48 h respectivamente y TF con valores mínimo y máximo 35 y 45 °C respectivamente. Para el análisis de datos se utilizó Minitab 16®. Las muestras se analizaron mediante conteo de células por dilución y siembra en superficie y utilizando un pH-metro Thermo Scientific (Singapur).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor inicial del pH para la masa sin tratamiento con bacterias ácido lácticas fue de 6,11. En la Figura 1a. se observa que el pH presenta un valor mínimo menor a 3,8 para TF cercanas o los 40°C y entre las 25 y 30 h, debido a la producción de ácidos orgánicos como el ácido láctico, ácido acético entre otros. Estos valores de pH menores a 4 fueron obtenidos por diferentes autores durante la fermentación de masas de cereales como el centeno con diferentes cepas de *Lactobacillus plantarum* (Katina *et al.*, 2007), (Moore *et al.*, 2007). Por otra parte, en la Figura 1b. se observa la superficie de respuesta para la concentración de células de bacterias lácticas (Ln UFC/g), donde se aprecia que se obtiene un valor máximo de la variable de respuesta para valores de TF cercanos a 40°C y TpF entre las 20 y 30 h. Este valor de temperatura, concuerda con los valores obtenidos por Khedid *et al.*, (2009), durante las pruebas de producción celular a temperaturas entre

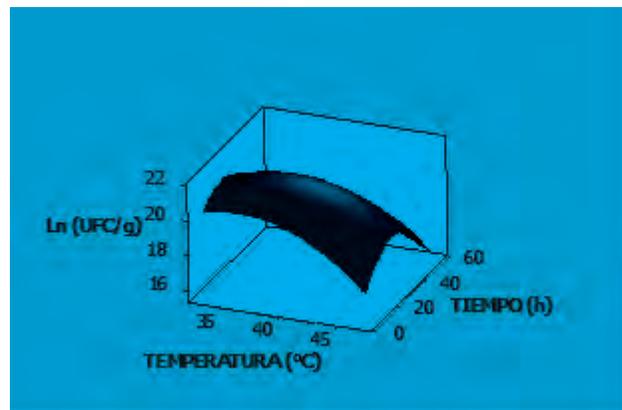
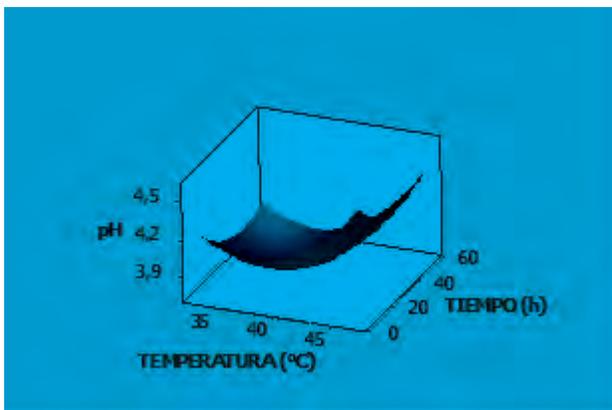


Figura 1. a) Variación del pH y b) Cambio en la concentración celular (Ln UFC/g) a diferentes condiciones de proceso de fermentación de masas de QPM.

10 y 50°C, donde se obtuvo la mayor concentración de bacterias ácido lácticas a 40°C.

Los modelos que describen el comportamiento de las variables de respuesta pH y Ln UFC/g se presentan en la ecuación 1 y 2 respectivamente, donde x_1 es TF y x_2 corresponde a TpF:

$$y = 13,4264 - 0,4903x_1 - 0,0221x_2 + 0,0065x_1^2 + 0,0003x_2^2 \quad (1)$$

$$y = -15,8322 + 2,001x_1 + 0,0124x_2 - 0,0281x_1^2 - 0,0036x_2^2 \quad (2)$$

Se puede observar en ambos casos que para un nivel de significancia del 5%, se obtiene que para los modelos el parámetro asociado con la interacción de las dos variables no es estadísticamente significativo.

CONCLUSIÓN

Durante la fermentación de masas de maíz de calidad proteica (QPM), se obtienen los mayores valores de concentración de células de la cepa *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087-11 DRM), para valores cercanos a los 40°C y tiempos alrededor de las 30h, lo que se relaciona con los menores valores de pH, debido a la producción de ácidos orgánicos como ácido láctico, ácido acético y ácido propiónico.

Producción de Goma Xantana por *X. campestris* ATCC 13951 Usando Suero de Queso Desproteinado

Xanthan Gum Production by X. campestris ATCC 13951 Using Deproteinized Cheese Whey

Jenny Sobenes G.¹; Ranulfo M. Alegre¹

¹ Universidad Estadual de Campinas, Facultad de Ingeniería de Alimentos.
E-mail para contacto: jennysobenes@gmail.com

Resumen. La goma xantana es un biopolímero microbiano producido por la bacteria *Xanthomonas*. El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la obtención de goma xantana por proceso fermentativo usando la bacteria *X. campestris* ATCC 13951, y como fuente de carbono: suero de queso desproteinado, suero de queso suplementado de extracto de levadura y suero de queso desproteinado suplementado con extracto de levadura y sulfato de amonio como fuentes de nitrógeno, con tiempo de fermentación de 72 horas. De los tres medios analizados, aquel constituido apenas por suero de queso desproteinado, alcanzo el mayor rendimiento con un valor de 58%, y la mejor calidad de goma.

Palabras clave: Fermentación, hidrocoloide.

Abstract Xanthan gum is a biopolymer produced by bacteria *Xanthomonas*. The objective of this work was to study the xanthan gum production using the *X. campestris* ATCC 13951 and deproteinized cheese whey, deproteinized cheese whey supplemented with yeast extract and deproteinized cheese whey supplemented with yeast extract and ammonium sulphate as nitrogen source during 72 hours of fermentation. The best result was found when the medium was not supplemented, reaching yield of 58% and good quality of the gum.

Key words: Fermentation, hydrocolloid.

INTRODUCCIÓN

La goma xantana es un biopolímero que se compone de dos moléculas de manosa y una de ácido glucurónico, consiste en una cadena principal de (1,4) β -D-glucosa con estructura muy parecida a la de la celulosa, a la que se unen alternadamente corrientes laterales de trisacáridos (Whistler e Bemiller, 1993). Debido a su habilidad de disolverse en agua fría y caliente tiene amplia aplicabilidad industrial, (industrias de petróleo, fármacos y de alimentos). (Navarrete, 2000), (Waites, 2001), (Rosalam y England, 2006). La goma xantana es producida en procesos fermentativos durante el crecimiento de los micro-organismos del género *Xanthomonas* especie *X. campestris*. (García *et al.*, 2000), (Palaniraj e Jayaraman, 2011). Con una producción anual aproximada de 20.000 a 30.000 toneladas, aproximadamente 40% de la producción de goma xantana es utilizada en la industria de alimentos como estabilizante. Actualmente son empleados medios de cultivo alternativos, para el proceso de producción de la goma xantana, siendo el suero de queso uno de ellos. (Waites, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Micro-organismo. El micro-organismo utilizado en este trabajo fue *Xanthomonas campestris* ATCC 13951.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta la producción de goma xantana, biomasa y lactosa consumida en tres medios diferentes: medio A con suplementación de extracto de levadura y sulfato de amonio, medio B suplementado con Extracto de levadura y medio C sin suplementación. Se observa que la producción de goma en el medio A fue 1,5 g/L superior a la concentración obtenida en el medio B al final de 72 horas, siendo este es el mejor resultado obtenido. Lo opuesto de lo esperado ya que, el medio A era más rico en nitrógeno y presentó mayor concentración de goma. En general, en estos procesos la limitación de la concentración de la fuente de nitrógeno es fundamental para obtener buena producción de polisacáridos (Palaniraj y Jayaraman, 2011). La producción de biomasa fue pequeña como se puede esperar. Tanto en los ensayos B y C no fue posible determinar la concentración de biomasa, incluso con la dilución de las muestras para reducir la viscosidad del medio. Con respecto al consumo de lactosa, el medio C presentó el menor consumo en 72 horas, pero la producción de goma tuvo mayores rendimientos, con una concentración cerca de los otros ensayos. La figura 1 muestra que la producción de goma en medio C en 48 horas de fermentación ha alcanzado el 91% de la concentración alcanzada en 72 horas y en los alrededores de 3 g/L de

Tabla 1. Producción de goma xantana, biomasa y lactosa consumida (g/L) por *X. campestris* en suero de queso desproteinado.

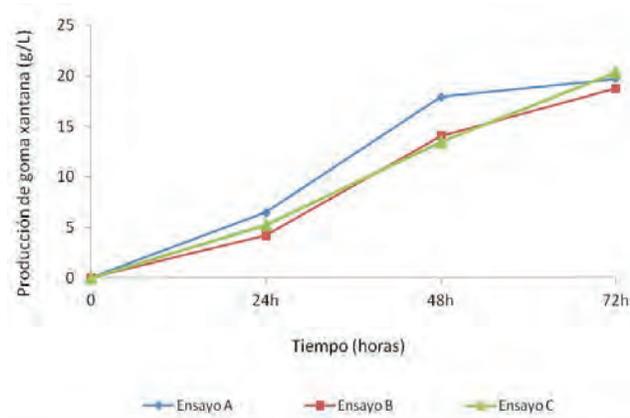
Medio	24 h			48 h			72 h		
	Goma (g/L)	Biomasa (g/L)	Lact. Cons. (g/L)	Goma (g/L)	Biomasa (g/L)	Lact. Cons. (g/L)	Goma (g/L)	Biomasa (g/L)	Lact. Cons. (g/L)
A	5.22	2,60	15.66	13.44	4.36	29.86	20.28	2.64	40.47
B	4.20	Nd	14.99	14.04	Nd	30.03	18.72	Nd	40.36
C	6.48	Nd	16.66	17.88	Nd	32.66	19.68	Nd	33.89

Medio de cultura y reactivos. El medio de cultivo utilizado fue suero de queso en polvo reconstituido y desproteinado (pH 4,3 a 93°C), extracto de levadura - 3 g/L, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 1,5 g/L, KH_2PO_4 (20 g/L), MgSO_4 (6 g/L), ZnSO_4 (2 g/L) pH ajustado a 7,0 con NaOH 2N. Este medio fue nombrado medio A o medio B, los cuales tenían la misma composición excepto en el extracto de levadura, y el medio C sin extracto de levadura y sulfato de amonio. La goma producida fue precipitada con etanol 99,5 °GL, la masa celular fue decantada por centrifugación a 6.000 rpm (2.300 g), y secado en estufa a vacío a 60°C hasta peso constante.

goma más que los otros ensayos, no obstante éste medio no es el más ventajoso en términos de costo, puesto que fue suplementado con extracto de levadura que es un componente caro, además de la adición de sulfato de amonio. El medio más ventajoso fue el medio C, por no tener suplementación. Incluso en el tiempo de 48 horas, la diferencia en la producción de goma entre los medios fue pequeña. En relación al rendimiento, el ensayo A alcanzó un rendimiento de 58% en 72h, aunque que visualmente presentó buena calidad de goma.

Otro intento para mejorar la producción de goma fue reemplazar el de sulfato de amonio por urea en concentración

Figura 1. Producción de goma xantana por *X. campestris* en los medios constituidos por suero de queso desproteinado.



tal para dar la misma cantidad de nitrógeno. En este caso, la concentración de goma alcanzó 18,96 g/L en 72 horas de fermentación con 40,58 g/L de lactosa consumida y 3,60 g/L de biomasa. Es decir, la producción de goma no parece estar influenciada si es la fuente de nitrógeno es orgánica o inorgánica. La producción de biomasa en ensayo A presentó mayor concentración en 48 horas de fermentación, lo mismo ocurrió con el medio suplementado con urea, que presentó 3,57, 4,5 y 3,6 g/L en 24, 48 y 72 horas respectivamente. Este hecho sugiere que en 48 horas la cultura alcanzó la fase de crecimiento exponencial y la disminución, que se verifica con el menor aumento de la concentración de goma en las últimas 24 horas de la fermentación.

Comparando los resultados de este trabajo con otros en la literatura, parece que la producción de goma no logro los resultados obtenidos con medios más elaborados, sin embargo, como el suero de queso es un subproducto de bajo valor, este proceso puede llegar a ser interesante, no sólo para la producción de goma que puede ser utilizada en productos lácteos por lecherías y, también para la reducción de los costos de tratamiento de aguas residuales.

CONCLUSIONES

La producción de goma xantana por *X. campestris* ATCC 13951, utilizando suero de queso desproteinado, no necesitó de suplementos de extracto de levadura o sulfato de amonio, pues el propio suero proporcionó los nutrientes necesarios a la bacteria, aunque la producción de goma ha sido ligeramente más pequeña. El proceso de obtención de goma xantana a partir de suero de queso se torna muy

interesante por tratarse de un subproducto industrial, de bajo costo y fácil acceso. La sustitución del sulfato de amonio por rea no ha aumentado la producción de goma.

BIBLIOGRAFIA

- García, F., V.E. Santos, J.A. Casas and E.Gomes. 2000. Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances* 18(7): 549-579.
- Navarrete, R.C. 2001. New Biopolymer for coiled tubing applications. In: (Ed.). *International Symposium on Oilfield Chemistry SPE 68487*, Anais Houston: 1-10.
- Palaniraj, A. and V. Jayaraman, 2011. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. *Journal of Food Engineering* 106(1): 1-12.
- Rosalam, S. and R. England. 2006. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. *Enzyme and Microbial Technology* 39(2): 197-207.
- Waites, M.J. 2001. *Industrial microbiology: an introduction*. 1st ed. Oxford [u.a.]: Blackwell Science.
- Whistler, R.L. and J.N. Bemiller. 1993. *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. 3rd ed. San Diego: Academic Press.

Determinación de Parámetros de Escalamiento para la Producción de Probiótico a Partir del Microorganismo *Lactobacillus casei*

Determination of Parameters for Scaling Production of Probiotics: *Lactobacillus casei*

Annamaria Filomena-Ambrosio¹; Gustavo Adolfo Camelo²; Johanna Serna-Jiménez³

1 Profesor Titular, Ingeniero de Producción Agroindustrial, M.Sc. Diseño y Gestión de Procesos, Programa de Gastronomía, Escuela Internacional de Ciencia Económicas y Administrativas, Universidad de La Sabana, Chía. anna.filomena@unisabana.edu.co

2 Ingeniero de Producción Agroindustrial, M.Sc., Ciencias en Desarrollo de Productos bióticos, Instituto Politécnico Nacional, México. tavo.camelo@gmail.com

3 Profesor Titular, Ingeniero Agroindustrial, M.Sc. Diseño y Gestión de Procesos, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Sede Armenia. sernajimjohanna@miugca.edu.co. Autor Corresponsal.

Resumen. Para el escalamiento de un proceso, se debe hacer conociendo muy bien la dinámica del proceso y tener pericia para seleccionar el parámetro que describa de forma adecuada el cultivo. Hacer un dimensionamiento geométrico es el primer paso al pensar en escalamiento; sin embargo tiene muchas limitaciones en cuanto a la construcción y se debe asegurar la similaridad geométrica. Como paso siguiente se debe hacer la construcción y puesta en marcha para verificar que el diseño si cumpla con los requerimientos del cultivo y que la producción planeada realmente se alcance. El objetivo de este trabajo fue realizar un escalamiento de 5 a 135 Litros de un biorreactor para la producción de probiótico (*Lactobacillus casei*); se logró establecer las dimensiones y parámetros de funcionamiento del biorreactor propuesto.

Palabras clave: Biorreactor, bioproceso, escalamiento geométrico, probióticos

Abstract. For the scaling of a process should be done knowing full well the process dynamic and have expertise to select the parameter that describes adequately the culture. To do a geometric dimensioning is the first step for scaling; however there are many limitations regarding the construction and it must ensure the geometric similarity. The next step is to do the construction and commissioning to verify whether the design meets the requirements of the culture and the planned production actually reached. The aim of this study was to develop a scaling process of a bioreactor from 5 to 135 liters for a probiotic (*Lactobacillus casei*) production; it was possible to establish the dimensions and operating parameters of the proposed bioreactor.

Key Words: Bioreactor, Bioprocess, Geometric Scaling, Probiotic.

INTRODUCCIÓN

La palabra probiótico es una palabra relativamente nueva que significa “a favor de la vida” y actualmente está definido por

la FAO y OMS como ‘microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades apropiadas, confieren al huésped un beneficio para la salud’; se utiliza el término para designar las bacterias que tienen efectos beneficiosos para los seres humanos y los animales (FAO- OMS, 2006). Los probióticos hacen parte los alimentos funcionales, entendidos estos, como aquel que generan un bienestar más allá de la función de nutrir. Son los principales compuestos bioactivos de los productos funcionales. Numerosos indicadores económicos muestran que los productos probióticos constituyen el frente principal de innovación en el sector de productos funcionales (Siró *et al.*, 2008; Sharma, P. *et al.*, 2014). Teniendo en cuenta que a nivel mundial el consumo de este tipo de alimentos aumenta día a día debido a la conciencia de los consumidores acerca del impacto de los alimentos en la salud. En el año 2000, el mercado mundial para los alimentos funcionales generados en EE.UU. fue de \$33 mil millones de dólares frente a \$167 mil millones de dólares en el 2010 (Granato *et al.*, 2010). Las bacterias incluidas en los productos probióticos, deben ser metabólicamente estables y activas en el producto final para sobrevivir en cantidad suficiente el paso a través del tracto digestivo, de tal manera que se obtengan los beneficios en el organismo (Gilliland, 1989).

Es escalamiento de un proceso se considera uno de los pasos más críticos en el desarrollo de un producto, ya que de esto dependerá o no el éxito en la manufactura del producto; cómo lo menciona Forssten, Sindelar y Ouwehand (2011), las condiciones de procesamiento industrial a largo plazo y de almacenamiento pueden influir en las propiedades probióticas. La finalidad de este trabajo fue, definir teóricamente las condiciones de fermentación a escala piloto (130 L) para la producción de biomasa de *Lactobacillus casei*, para ser usado como aditivo probiótico en alimentos funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del microorganismo. Para el proceso se seleccionó *Lactobacillus casei*. esta especie, es una bacteria ácido láctica Gram-positiva, anaerobia facultativa, no móvil y no forma esporas. Dentro del género *Lactobacillus*, forman parte de *L. casei* («Grupo II»); especie de heterofermentativos. Es reconocida por su capacidad probiótica e inocuidad como aditivo en la producción de alimentos (Guo, et al., 2009; Mishra y Prasad 2005; FAO/WHO 2001).

Escala banco de prueba. La cepa fue activada inoculando dos perlas de los crioviales de almacenamiento, sobre caldo MRS (Man Rogosa y Sharpe) con incubación a 37,0°C en aerobiosis por 24 horas. Pasadas las 24 horas el cultivo se homogenizó con vórtex y se transfirió una alícuota del cultivo a un frasco con caldo MRS que se incubó bajo las mismas condiciones iniciales. Concluidas las 24 horas, la cepa quedó activada. A escala de banco se determinó que las condiciones adecuadas para el crecimiento del microorganismo fue en fermentación batch, a un volumen de 3,5 L utilizando como medio de cultivo caldo MRS en un reactor biológico Bioflo 3000 (New Brunswick Scientific), manteniendo la temperatura a 37 °C, pH 5.5, agitación a 100 rpm y utilizando dos turbinas tipo Rushton con un flujo de aire de 1VVM. Dentro de los parámetros cinéticos encontrados para esta especie μ máximo: 0,09(h⁻¹), X máximo: 4,8 (g/L), crecimiento: 108 UFC/g en materia seca del cultivo.

Dimensionamiento y escalamiento

Escalamiento geométrico. Para lograr el escalamiento geométrico se utilizaron las relaciones de altura (H) y diámetro (D) H/D=2; así como relaciones de volumen.

Para lograr un escalamiento de bioproceso, fue necesario utilizar parámetros como número de Reynolds:

$$Re = \frac{n D_i^2 \rho}{\mu}$$
$$Re = \frac{n D_i^2 \rho}{\mu}$$

donde n corresponde a la velocidad del impulsor (revoluciones por minuto r.p.m.), D_i corresponde al diámetro interno del reactor, ρ corresponde a la densidad del medio y μ la viscosidad del sistema. Número de aireación: $Na = \frac{Q}{n D_i^3}$

donde Q corresponde al caudal, n corresponde a la velocidad del impulsor (revoluciones por minuto r.p.m.), D_i corresponde al diámetro interno del reactor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensionamiento. El dimensionamiento se llevó a cabo teniendo en cuenta las relaciones geométricas (Scragg, 2007), tomando como: volumen nominal= 5L, volumen de trabajo 3,5 L (relación H/D= 2) (Tabla 1). A escala piloto, teniendo como base de cálculo la producción de 50000 gramos de biomasa/L al mes; se hizo un diseño de un reactor de tanque agitado CSTR, partiendo de los datos del reactor piloto. Para cumplir esta meta se planteó lo siguiente: Con una producción máxima de 5,5 g/L en 24 horas de fermentación produzco 16g/L.

Base de cálculo: 1 día se manejaría un volumen de trabajo de 104, 16 Litros más un 30% para completar el volumen del fermentador queda en 135,41 Litros.

Donde: Volumen nominal= 135L, volumen de trabajo= 104 L. Número de agitadores se da por la ecuación

$$N^{\circ} = \frac{H_{\text{liquido}} - d_i}{d_i}$$

donde H corresponde a altura del líquido (medio) y d_i corresponde al diámetro interno. Altura líquido 0,62 m; $N^{\circ} = 3$; agitadores Reynolds: viscosidad agua (relacionada con la reología del medio) a 37°C= 0,04152Kg/m min; densidad= 1000kg/m³; asumiendo densidad y viscosidad constante.

$$Re_1 = \frac{(100 \text{ min}^{-1})(0,056 \text{ m})^2 (1000 \text{ Kg/m}^3)}{0,04152 \text{ kg/min}}$$

$$Re_1 = 7552,9$$

$$\text{Para 135 Litros: } 7552,9 = \frac{n_2 (0,18 \text{ m})^2 (1000 \text{ Kg/m}^3)}{0,04152 \text{ kg/min}}$$

$$n_2 = 9,67 \text{ min}^{-1}$$

Reynolds es un número importante para entender la dinámica del fluido, sin embargo para un escalamiento se deben hacer pruebas que determinen si la viscosidad y densidad permanecen constantes o sí con el consumo del sustrato y productos del metabolismo celular se alteran estos valores.

Número de aireación:

$$Na = \frac{0,005 \text{ m}^3/\text{min}}{(100 \text{ min}^{-1})(0,056 \text{ m})^3} Na = 0,28$$

$$\text{Para 135 litros: } 0,28 = \frac{0,135 \text{ m}^3/\text{min}}{n_2 (0,18 \text{ m})^3}$$

$$n_2 = 82,67 \text{ min}^{-1}$$

Se halló el nuevo caudal: La ecuación de caudal

$$Q = Na_2 \times n_2 \times Di_2^3$$

donde Na corresponde al número de aireación, n2 corresponde a la velocidad del impulsor y Di al diámetro interno del biorreactor.

$$Q = (0,28)(100\text{min}^{-1})(0,18\text{m})^3$$

$$Q = \frac{0,16\text{m}^3}{\text{min}} = 0,99\text{vvm}$$

El número de aireación relaciona la velocidad del aire a través de una sección del tanque siendo muy importante, ya que, en este tipo de fermentación la transferencia de oxígeno a la célula es de vital importancia para su metabolismo de crecimiento. En la Tabla 1 se resumen las condiciones de los 2 biorreactores en escala banco 5 L y en escala piloto 135 L para la producción de *Lactobacillus casei*.

Tabla 1. Condiciones de dimensionamiento:
Reactor 5L y 135L

Parámetro	Escala banco (5 L)	Escala piloto (135 L)
Dt(diámetro del reactor)	0,14 m	0,44m
Ht (Altura total del reactor)	0,28m	0,88m
V (Volumen líquido del reactor)	3,50L	94,50 L
VT (Volumen total del reactor)	5,00 L	135,00 L
di (diámetro del agitador)	0,056m	0,18
N (velocidad del agitador)	100 rpm	9,67 rpm
N, (Número de agitadores)	3,00	3,00
Nn (número de baffles)	4,00	4,00

Dentro del desarrollo de los bioprocesos y en especial en el de los probióticos autores como Forssten, Sindelar y Ouwehand (2011) mencionan que las propiedades tecnológicas y la capacidad de producción se vuelven en uno de los aspectos más importantes al momento de desarrollar un funcional. Es así entonces cómo en este caso logró realizar el escalamiento teórico del bioproceso para la producción a escala de biomasa y su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales.

CONCLUSIONES

El diseño y escalamiento es uno de los aspectos más importantes al momento de diseñar un alimento funcional o pensar en una aplicación industrial de una cepa con potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, probiótico. Dentro de esta investigación se logró diseñar y escalar un reactor a escala piloto para producir 50.000 gramos de biomasa/Litro, volumen reactor 135 Litros; para la construcción del reactor es importante realizar una selección adecuada de materiales y periféricos a usar ya que estos pueden afectar la producción y desempeño del proceso, adicionalmente de las operaciones de recuperación y estabilidad de biomasa que garanticen la viabilidad, inocuidad y biodisponibilidad de ésta.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO- OMS. 2006. Probióticos en los alimentos Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Estudio FAO alimentación y nutrición. 1-52.4
- Forssten, S.D., C.W. Sindelar and A.C. Ouwehand., 2011. Probiotics from an industrial perspective. *Anaerobe*, 410-413.
- Granato, D., G.F. Branco., F. Nazzarro., A.G. Cruz and J.A.F. Faria. 2010. Functional foods and nondairy probiotic food-development: trends, concept and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9: 292 – 302
- Guo, Z., J. Wang., L. Yan., W. Chen., X. Liu and H.Zhang. 2009. In vitro comparison of probiotic properties of *Lactobacillus casei* Zhang, a potential new probiotic, with selected probiotic strains. *LWT Food Science and Technology*. 42: 1640-1646
- Lankaputhra, W.E.V and Shah, N. P. 1995. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in the presence of acid and bile salts. *Cultured Dairy Products Journal*, 30: 2-7.
- Mishra, Vijendra, and D.N. Prasad. 2005 Application of in vitro methods for selection of *Lactobacillus casei* strains as potential probiotics. *International Journal of Food Microbiology*. 109-115.
- Sharma, P., S.K. Tomar., P.Goswami., V. Sangwan and R. Singh., 2014. Antibiotic resistance among commercially available probiotics. *Food Research International* 57: 176-195
- Scragg, Alan. 2007. *Biología para ingenieros*. México: Limusa.
- Vargas, E.M., C.J Gómez., M.E. Parra., and M.A. Romero, 2004. Producción de Microorganismos Probióticos como aditivo para alimentos concentrados para ganado vacuno. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes*. 166-176.

Heterotrophic/Mixotrophic/Autotrophic Cultivation of *Chlorella Vulgaris* on Desalination Concentrate

Cultivo Heterotrófico, Mixotrópico y Autotrófico de *Chlorella vulgaris* en Concentrados de Desalinización

Ângelo P. Matos¹, Tiago da Silva, Luiz R. I. Morioka, Jefferson Rotta, Elisa H. S. Moecke, Ernani S. Sant'Anna

¹ Federal University of Santa Catarina, Department of Food Science and Technology, Itacorubi, 1346. CEP 88034-001. Florianópolis - SC, Brazil. angelosotam@gmail.com

Abstract. This study aimed to test the desalination concentrate from wastewaters as nutrient feedstock for heterotrophic/mixotrophic/autotrophic *Chlorella vulgaris* cultivation with glucose supplementation. The best results were obtained with the highest glucose supplementation (0.75 g/L) with a maximum biomass concentration ($X_m = 580$ mg/L) under mixotrophic condition. Mixotrophic conditions showed to be the best option for *C. vulgaris* cultivation, according to its carbohydrates and proteins contents. The oleic acid (C18:1) was the most predominant fatty acid, followed by palmitic (C16:0) and γ -linolenic (C18:3n-6) acids.

Key words: Biomass composition, Desalination wastewaters, Fatty acids, Microalgae-oil.

Resumen. El objetivo del presente estudio fue probar el concentrado de desalinización como nutriente para el cultivo heterotrófico, mixotrópico y autotrófico de *Chlorella vulgaris* suplementado con glucosa. Los mejores resultados fueron obtenidos con la suplementación de glucosa mas alta (0.75 g/L) a la máxima concentración de biomasa ($X_m = 580$ mg/L), bajo condiciones mixotrópicas. La condición mixotrópica mostró ser la mejor opción de cultivo para *C. vulgaris*, de acuerdo con los contenidos de carbohidratos y proteínas. El ácido oleico (C18:1) fue el ácido graso más predominante, seguido de los ácidos palmitico (C16:0) y γ -linolenico (C18:3n-6).

Palabras clave: Composición de la biomasa, Desalinización de las aguas residuales, ácidos grasos, aceite de microalgas.

INTRODUCTION

The main method used for water desalination in the brazilian northeast region is based on brackish water reverse osmosis. Nevertheless, the brackish water desalination produces a salty concentrate which requires treatment before disposal due to the high nitrate levels, as well as salt content. If not properly managed, it may cause environmental problems such as salination of agricultural

land and subsequent infertility (Menezes *et al.*, 2011).

Microalgal culture is an efficient way to remove nutrients from desalinated wastewaters transforming the nutrients into valuable biomass as feedstock (Morioka, 2014). Microalgal biomass is known for its nutritious composition consisting of lipids, carbohydrates, and proteins. Autotrophic growth microalgae cultivation is the most common procedure to provide biomass, bioproducts and biofuels. In complement to the commonly explored autotrophic activity, heterotrophic and mixotrophic algae systems have been considered as a viable alternative for supporting innovative bioprocesses (Mitra *et al.* 2012).

The present study was conducted to determine the chemical composition of microalgae *Chlorella vulgaris* grown on autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions supplemented with glucose carbon source in a culture medium based on concentrated desalination.

MATERIALS AND METHODS

Samples of concentrated desalination (CD) were collected from brackish water reverse osmosis desalination plant located in São João do Cariri, Paraíba, Brazil. The physical-chemical characteristics of the CD using in the experiments were determined according to APHA (2005).

The microalgal culture was propagated and maintained in modified Bold Basal Medium (BBM) (Morioka, 2014). *C. vulgaris* was grown on modified BBM based on concentrated desalination using three types of culture systems: heterotrophic, mixotrophic and autotrophic conditions supplemented with 0.25, 0.50 and 0.75 g of glucose per liter. Microalgal batch cultivations were performed in a 4-L inverted conical bioreactor, at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ under a photoperiod of 12:12h at light intensity of 10 klux with sparging air-CO₂. The bioreactor was sterilized by autoclaving for 15 min at 121°C, and filled with the respective feedstock to a working volume at 3-L.

Heterotrophic cultivations were done in the dark. When the microalgal culture reached a stationary growth phase marked by steady biomass readings, the entire culture was harvested by centrifuging at 4,000 x g for 15 min. The concentrate microalgae pellet was transferred to a dish and dried in a dehydrator at 60°C (Model H-8011, Zhejiang, China). The dried microalgal biomass samples were analyzed for their protein, carbohydrates and lipids composition (AOAC, 2005). Fatty acids composition was determined and characterized by gas chromatograph.

Biomass productivity (P_{max} , mg/L d) during the culture period was calculated from the Eq. (1), where X_t was the biomass concentration (mg/L) at the end of the exponential growth phase (t_x) and X_0 the initial biomass concentration (mg/L) at t_0 (day): $P_{max} = (X_t - X_0)/(t_x - t_0)$.

RESULTS AND DISCUSSION

The main components presented in CD were (mg/L): 1691.3 Cl, 126.5 Ca, 987.5 Na, 138.0 Sulfate, 985.2 Total hardness ($CaCO_3$), 2,190.5 Total dissolved solids, 30.0 Total nitrogen, with conductivity of 4,875.0 ($\mu S/cm$) and pH 8.11. Due to high salt levels in the CD, *C. vulgaris* was able to grow in a CD with a concentration of 250 mL/L.

Chlorella vulgaris was able to grow photoautotrophically (in the light), heterotrophically (on glucose) and mixotrophically (simultaneously in the light and on

glucose). The highest biomass concentration was reached in mixotrophic culture (580 mg/L, under 0.75 g/L of glucose). Autotrophic conditions showed the highest biomass productivity (72 mg/L day). *C. vulgaris* was not favorable under heterotrophic conditions. Mixotrophic cell cultivation utilizing both light and organic carbon source has been considered the most efficient process for the production of microalgal biomass (Mitra *et al.*, 2012). Mixotrophic *C. vulgaris* cultivation showed higher total carbohydrates and proteins of 15.1 and 25.4%, respectively (Fig. 1a). In the other hand, the highest total lipid content (3.8%) was achieved under heterotrophic conditions.

Due the growth media characteristics, was found variation in the fatty acids profile of oil samples. *C. vulgaris* when grown on heterotrophic and mixotrophic conditions produced oil richer in monounsaturated and saturated fatty acids, respectively (Fig. 1b). The most abundant fatty acids were the oleic (32.2%), palmitic (29.3%) and γ -linolenic (13.8%) acids.

Considering that the sum of linoleic and γ -linolenic acids was approximately 29.5 % under mixotrophic condition of total fatty acid content, an idea of the importance of these acids for the cell is evident. It is noteworthy, also, the fact that the γ -linolenic acid be a widely recognized food supplement, which could be cheaply produced by cultivation of these microalgae.

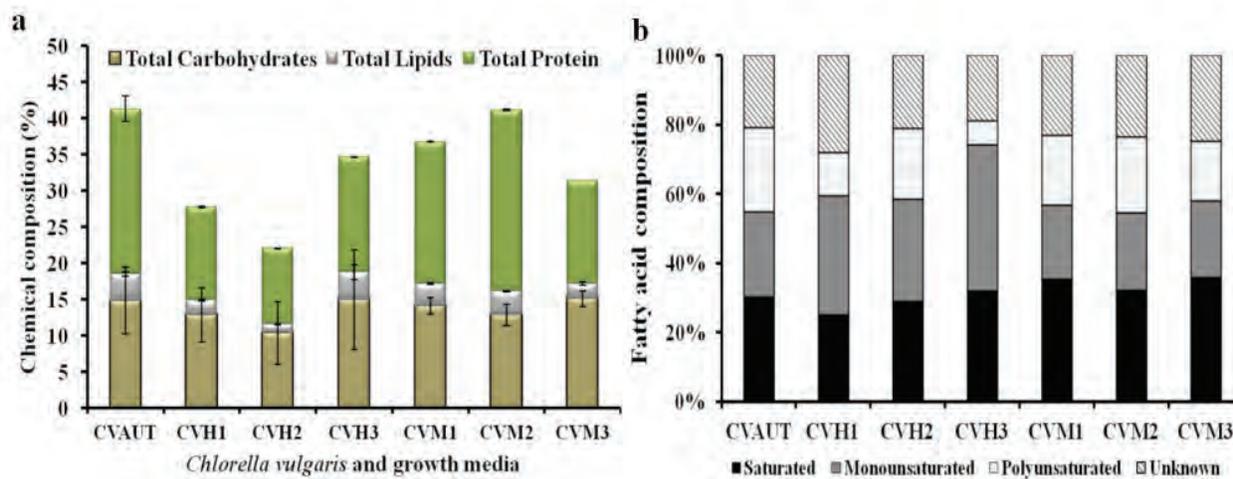


Fig. 1 Chemical composition of *C. vulgaris* cells grown on CD under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions for 10-days. a – Total Carbohydrates, lipids and proteins; b – Fatty acids composition of *C. vulgaris*.

Codes: CVAUT = *C. vulgaris* autotrophic; CVH1/H2/H3 = *C. vulgaris* heterotrophic (0.25, 0.50 and 0.75 g glucose/L), respectively; CVM1/M2/M3 = *C. vulgaris* mixotrophic (0.25, 0.50 and 0.75 g glucose/L), respectively.

CONCLUSIONS

C. vulgaris was able to grow efficiently in all types of culture conditions. Nevertheless, the mixotrophic cultivation showed the best microalgae growing condition. The oil showed the presence of polyunsaturated fatty acids (PUFA's) and the cells were rich in proteins, which could be having a great potential to benefit the nutraceuticals.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present work was financially supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/Brazil) and by Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq project number 574.716/2008-4).

BIBLIOGRAPHY

APHA, 2005. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed., New York, NY, USA.

AOAC, 2005. Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Washington DC, USA.
Menezes, J. S., V. P. Campos, T. A. C. Costa, 2011. Desalination of brackish water for household drinking water consumption using typical plants seeds of semi arid regions. *Desalination* 281:271-277.
Mitra, D., J.H van Leeuwen, B. Lamsal. 2012. Heterotrophic/mixotrophic cultivation of oleaginous *Chlorella vulgaris* on industrial co-products. *Algal Research* 1(1):40-48.
Morioka, L. R. I., A. P. Matos, G. Olivo, E.S. Sant'Anna. 2014. Floculação de *Chlorella* sp. produzida em concentrado de dessalinização e estudo de métodos de extração de lipídeos intracelulares. *Química Nova* 37(1):44-49.

Growing *Spirulina platensis* in Northeast Brazil

Crecimiento de Spirulina platensis en el Noreste de Brasil

Ângelo Paggi Matos¹, Ernani Sebastião Sant'Anna

¹ Federal University of Santa Catarina, Department of Food Science and Technology, Itacorubi, 1346. CEP 88034-001. Florianópolis - SC, Brazil. angelosotam@gmail.com

Abstract. The edible cyanobacterium *Spirulina platensis* has attracted attention due to its traditional use as food and current large-scale commercial production and application as food, dietary supplement, nutraceuticals and animal feed. Due to its ease growth, *Spirulina* has also served as a good tool for many physiological, biochemical and molecular biological studies. The aim of this study was to screen the chemical composition (e.g., proteins, carbohydrates, lipids) and fatty acids of *S. platensis* cultivated in raceway ponds with potential application in the food industry: *S. platensis* presented high protein content 55.2%, lipid content 8.2% and 10.1% of carbohydrates. The most abundant fatty acids were the palmitic (C16:0), γ -linolenic (C18:3) and linoleic (C18:2) acids, which proportions were 35.2, 21.4 and 14.5%, respectively.

Key words: Biomass production; food biotechnology; health; nutrition; *Spirulina*.

Resumen. La cianobacteria comestible *Spirulina platensis* ha atraído la atención debido a su uso tradicional como alimento; la actual producción comercial a gran escala, y su aplicación como alimento, suplemento dietario, nutraceutico y alimento para animales. Debido a su fácil crecimiento, la *espirulina* también ha servido como excelente herramienta para muchos estudios fisiológicos, bioquímicas y de biología molecular. El objetivo de este estudio fue determinar la composición química (por ejemplo, proteínas, carbohidratos y lípidos) y los ácidos grasos de *S. platensis* cultivada en estanques de rodadura y con potencial aplicación en la industria de alimentos. *S. platensis* presentó alto contenido de proteína (55,2%), lípidos (8,2 %) y carbohidratos (10%). Los ácidos grasos más abundantes fueron: el palmítico (C16:0), el γ -linolénico (C18:3) y el linoléico (C18:2) en proporciones de 35,2; 21,4, y 14,5%, respectivamente.

Palabras Clave: Producción de biomasa, Biotecnología de alimentos, Salud, Nutrición, *Spirulina*.

INTRODUCTION

Spirulina species (Oscillatoriales) are planktonic photosynthetic filamentous cyanobacterium (blue-green algae), consist of the arrangement of multicellular cylindrical trichomes in a helix along the filamentous. The cyanobacterium massively grows in tropical and subtropical water bodies, which have pH values up to 11. For centuries, native people have harvested from Chad Lake (Africa) and Texcoco Lake (Mexico) as a food source. However, commercial cultivation of *Spirulina platensis* as a food supplement has existed since 1970s, due to high nutritional values (Chang, 2013). Furthermore, *S. platensis* is able to produce inside its cells high concentrations of pigments, (chlorophyll A and phycocyanin), fatty acids (i.e., γ -linolenic acid) and proteins. *S. platensis* has relatively high cell growth rate with easy process control and rapid biomass recovery due to the filamentous cell structure (Batista, 2013).

Raceway ponds are the most common commercial system in use. They consist of a parallel channels circuit, in which the microalgae suspension is circulated by a paddle wheel. The system is built in concrete or dug in the ground and may be covered with a plastic linear. Evaporations, as well as temperature fluctuations, are significant, and rainfalls can dilute the available nutrients and the biomass concentration. All the major producers of *Spirulina platensis* in the world currently use raceway ponds (Zittelli *et al.*, 2013). Thus, the aim of this study was to evaluate the chemical composition of *Spirulina platensis* biomass growing in raceway ponds located in São João do Cariri – Paraíba, Brazil and their adaptation to local climate conditions for food products application.

MATERIAL AND METHODS

The blue-green algae *Spirulina platensis* strain was obtained from Federal University of Rio Grande, Brazil. First of all, the *S. platensis* inoculum was cultivated in fiber-photobioreactor with a working volume of 100-L on Zarrouk medium (ZM), with continuous aeration by air injection at ambient temperature and natural light. When the culture reached the steady-state after about 1.0 (g/L) the entire 100-L culture was transferred to raceway ponds. These raceway ponds (5.0 meters wide, 40 meters length and 0.5 meters depth, totaling = 200 m²/each pond) have insulating foam panels below and cover above, all within the larger greenhouse. Initially, the raceway pond was inoculated with 1,000-L of working volume at a temperature variation between 20°C during the night to 32°C during the day, pH range 11.0 – 12.5 and constant rotary paddle to circulate the pond water. After about one week, fresh medium was added into the pond, promoting the *Spirulina* growth and successively until final 5,000-L working volume. After 30 days of the cultivation, the *Spirulina* biomass was harvested through a fine microscreen and dried naturally. The dried microalgal biomass was analyzed for their ashes, nitrogen, carbohydrates and lipids composition (AOAC 2005). Fatty acids composition was determined and characterized by gas chromatograph.

RESULTS AND DISCUSSION

The Figure 1 shows how *Spirulina platensis* has been cultivated in raceway ponds located in São João do Cariri – Paraíba, Brazil. This phototrophic microorganism was able to grow in the local climate conditions. These spirulina raceway ponds are harvested several times a week during the growing season, and the fresh harvested is transformed into dried biomass. It is important note that,

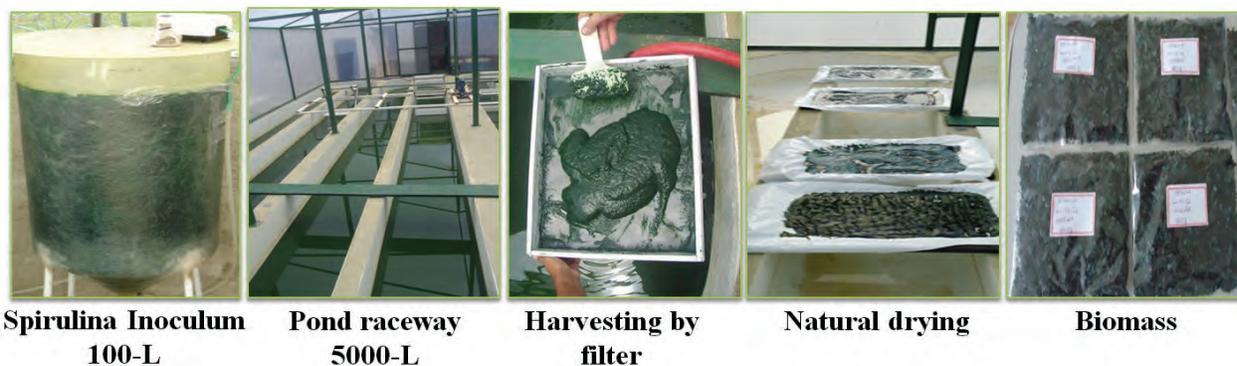


Figure 1. Fluxogram of *Spirulina platensis* production in a microfarm ponds raceway located in São João do Cariri – Paraíba, Brazil.

the Northeast Brazil has a broad supply of sunlight and arid land; Likewise, *Spirulina* can grow in ponds of brackish or alkaline water built on already unfertile land. In this way, it can augment the food supply not by clearing the disappearing rainforests, but by cultivating the expanding deserts; at the same time reducing the impact of algae cultivation systems on global food/feed production (Henrikson, 2009).

Table 1. Chemical composition of *Spirulina platensis* cultivated in raceway ponds

Chemical composition (%)		Fatty acids (%)	
Ashes	10.2	C16:0 Palmitic	35.2
Proteins	55.3	C18:1 Oleic	4.5
Carbohydrates	10.1	C18:2 Linoleic	14.5
Lipids	8.2	C18:3 γ -linolenic	21.4

The main results obtained from the biochemical characterization of *S. platensis* biomass are collected in Table 1. Dried *Spirulina* biomass presented ashes values of 10.2%, high protein content ~ 55.3% and lipid content about 8.2%. The percentage of total carbohydrates, which was determined as difference from the amounts of proteins, lipids and ashes, was 10.1%. *S. platensis* biomass contains 37.5% saturated fatty acids (SFA), mainly palmitic acid (C16:0) and 35% polyunsaturated fatty acids (PUFA) with a much larger proportion of ω -6 in relation to ω -3 acids. Thus, polyunsaturated fatty acid oils can be added to infant formulas and nutritional supplements.

Humans require a dietary source of essential fatty acids (EFA). They promote cholesterol normalization and are precursors for hormones, called prostaglandins. Gamma-linolenic acid (GLA) is the precursor to the body's prostaglandins. In this study, *Spirulina* is a concentrated source of gamma-linolenic acid (C18:3) ~ 21.4%. GLA comprises about 20 – 25% of the lipid fraction of *Spirulina* (Henrikson, 2009), so a *Spirulina* food source of GLA can be important.

Taking into account that *S. platensis* is presently commercialized as human food integrator, more effort should be made in the future to develop metrics for microfarm operations and productivity, especially for tropical climates, which can be replicable systems for

growing *Spirulina* for local food and high value products in urban and community – to demonstrate how microfarms can transform any small food growing area into higher income generating food products.

CONCLUSIONS

Due the large semiarid area and warm climate in Northeast Brazil, *S. platensis* has high potential to be grown in Brazil, therefore it is recommended to be cultivated on a large scale production to produce biomass, bioproducts and even non-conventional biofuels. *Spirulina platensis* was able to grow efficiently at local climate condition. The *S. platensis* biomass presented high protein content ~ 55.3% and high fatty acids composition SFA/PUFA, especially palmitic and γ -linolenic acids, respectively.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CNPq (project number 574.716/2008-4) and (CAPES/Brazil) for the scholarship.

BIBLIOGRAPHY

- AOAC, 2005. Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Washington DC, USA.
- Batista, A. P., L. Gouveia, N. M. Bandarra, J. M. Franco and A. Raymundo. 2013. Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research* 2:164-173.
- Chang, Y., Z. Wu, L. Bian, D. Feng and D.Y.C. Leung. 2013. Cultivation of *Spirulina platensis* for biomass production and nutrient removal from synthetic human urine. *Applied Energy* 102:427-431.
- Henrikson, R. 2009. Earth Food *Spirulina*. Ronore Enterprises, Maui, Hawaii, USA.
- Zittelli, G. C., Biondi, N., Rodolfi, L., Tredici, M. R., 2013. Photobioreactors for Mass Production of Microalgae. pp. 225-266. Richmond, A., Hu, Q., Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology, Second edition, Willey Blackwell: Chichester, UK, 726p.

Optimización de Inóculos de Microorganismos Lácticos Pro bióticos para la Utilización en Ensilados de Residuos Pesqueros

Optimization of Lactic Microorganisms Probiotic Inocula for Use in Silage Fish Waste

Plaza José Luis¹; Bolívar Germán²; Ramírez Cristina³

1 Estudiante de Maestría en Ingeniería de Alimentos - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. jose.plaza@correounivalle.edu.co

2 Profesor Titular - Facultad de Ciencias - Departamento de Biología - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. german.bolivar@correounivalle.edu.co

3 Profesora Asociada - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle - Calle 13 No. 100 - 00 Cali, Colombia. cristina.ramirez@correounivalle.edu.co

Resumen. En el estudio se investigó la optimización de un medio de cultivo para la producción de un inóculo de bacterias ácido lácticas probióticas aisladas del intestino de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikiss*) (Cepa 17B), con la finalidad de ser usados para la elaboración de ensilados de residuos pesqueros; para ello se utilizó un diseño de mezclas de vértices extremos y la metodología de compuesto de deseabilidad para hallar el punto óptimo. Las mezclas fueron diseñadas a partir de 3 parámetros con niveles de concentración alto y bajo; los pseudocomponentes del diseño contenían de 8-18% azúcar, 72-82% de suero de leche y 4,5-15 % de leche de soya. Los resultados del diseño de mezcla arrojaron que el punto óptimo fue de leche de soya 5%, azúcar 18% y suero de leche 77%, en donde se obtuvo un máximo de células viables. Los resultados de viabilidad se compararon con un medio comercial (MRS) a través de cinéticas de fermentación en donde el medio óptimo obtuvo mejor comportamiento (1×10^{10} UFC/mL) que el medio comercial (1×10^9 UFC/mL) en la fase máxima de crecimiento.

Palabras clave: Bacterias lácticas, optimización, inóculo, residuos pesqueros, ensilado.

Abstract. The optimization of a culture media for the production of an inoculum of probiotic lactic acid bacteria isolated from the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) (Strain 17B) was investigated in order to be used for preparing silage fishing waste. For this purpose, it was used a mixture design of extreme vertices and the methodology of composite desirability to find the optimum point. The mixtures were designed from 3 parameters with high and low levels of concentration. The pseudocomponents design containing 8-18 % sugar, 72-82 % whey and 4.5 to 15 % of soymilk. The mixture design results showed that the optimum point of soymilk was 5%, 18% sugar and 77% whey, where a maximum of viable cells was obtained. Viability results were compared

with a commercial medium (MRS) through fermentation kinetics where the optimal medium obtained a better behavior (1×10^{10} CFU/mL) than the commercial medium (1×10^9 CFU/mL) at the maximum growth phase.

Keywords: Lactic bacteria, optimization, inoculum.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los productos de pesca se da principalmente como pescado entero eviscerado congelado y fileteado generando una serie de subproductos que deben ser tratados eficientemente; el uso inapropiado de estos subproductos, ha generado preocupación por los impactos negativos que se pueden generar en el entorno. El ensilaje biológico de residuos de pescado ha sido una metodología que ha permitido el aprovechamiento de los subproductos del proceso de eviscerado y fileteado, los cuales al ser mezclados con una fuente de carbono y al adicionarle un inóculo ocurre un proceso fermentativo, generando un producto con características deseables y de alto valor nutricional para la alimentación animal (Hoyos, 2011), actualmente este proceso se lleva a cabo a través de procesos artesanales, sin garantizar la calidad del proceso desde el punto de vista microbiológico. Con estas consideraciones fue llevada a cabo la optimización de un inóculo de microorganismos lácticos probióticos, con el propósito de obtener una alternativa industrial viable y eficaz para el control del proceso de ensilaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la optimización del inóculo para la producción de la cepa aislada del intestino de trucha (cepa 17B), se realizaron 23 formulaciones siguiendo un diseño de mezclas de vértices extremos, teniendo en cuenta como pseudocomponentes azúcar (8-18%), suero de leche

(72-82%) y leche de soya (4,5-15%); las formulaciones se inocularon con una suspensión de 10% de células con una viabilidad de 1×10^7 UFC/mL e incubándose a 35°C con una agitación de 125 RPM, durante 24 horas, determinando la viabilidad a través de conteo en placa a través de número de células viables en términos de UFC/mL y registrando la evolución de pH.

Para la evaluación del modelo adecuado, se realizaron pruebas secuenciales con un índice de significancia $P < 0,05$ a través del paquete estadístico Minitab 15.

De acuerdo a los resultados, se seleccionó un medio óptimo al cual se le realizó una cinética de fermentación a través del seguimiento de viabilidad y pH, tomando puntos cada tres horas durante 24 horas, y comparándose con un medio comercial (medio MRS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que la viabilidad varió en el rango entre 1×10^7 – 1×10^9 UFC/mL. Para seleccionar el modelo adecuado de la viabilidad del inóculo, se realizaron las pruebas secuenciales con un índice de significancia $p < 0,05$, empezando por un modelo lineal y luego cuadrático, se observó que el modelo cuadrático ejercía un efecto significativo, siendo este el apropiado para predecir adecuadamente la viabilidad como variable

de respuesta. Esto fue confirmado con un valor de R^2 de 0,9159 indicando que los tres componentes y sus interacciones explican el 91,59 % de la variabilidad de la respuesta. La ecuación 1 muestra el modelo para la viabilidad (y) en términos de los pseudocomponentes, leche de soya (LS), azúcar (A) y suero de leche (SL):

$$y = 635,864(\text{LS}) + 523,68(\text{A}) + 52,44(\text{SL}) - 835,251(\text{LS})(\text{A}) - 860,754(\text{LS})(\text{SL}) - 757,912(\text{A})(\text{SL}) \quad (\text{Ec.1})$$

En la ecuación se observa que los componentes ejercen un efecto positivo en la variable de respuesta, pero las interacciones ejercen un efecto negativo. La mezcla óptima, según la función de Deseabilidad para Respuestas Múltiples fue leche de soya 5%, azúcar 18 % y suero de leche 77 %. Los resultados de la cinética de fermentación comparados con el medio comercial se muestran en la figura 1; el medio optimizado presentó una viabilidad de 10^{10} UFC /mL, mayor que la del medio comercial 1×10^9 UFC/mL; los valores alcanzados del pH al final de las 24 horas fueron de 3,9 y 3,84, respectivamente, no presentando diferencias significativas entre ellos. La biomasa alcanzada en el medio se considera adecuada para ser utilizada en el proceso de ensilado según lo definido por Ramírez (2005).

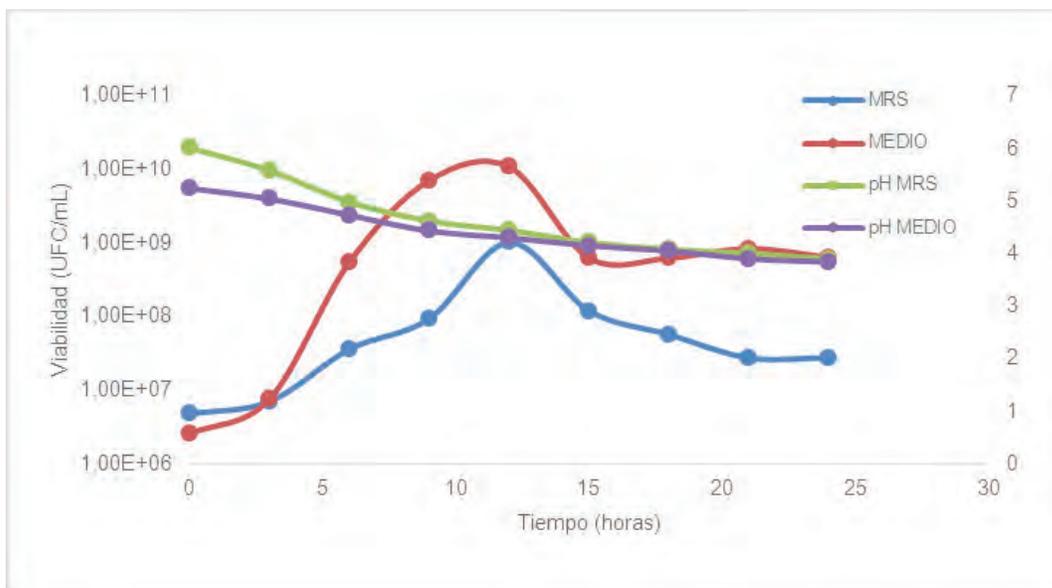


Figura 1. Cinética de fermentación para el medio optimizado y el medio comercial.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos de los experimentos demostraron las estrategias para mejorar la viabilidad de los inóculos para la producción de ensilados biológicos de residuos de pescado. El medio optimizado por el diseño de mezclas fue superior en la producción de biomasa con respecto al medio comercial, ofreciendo una alternativa asequible para uso industrial en la producción de ensilados de residuos de pesca, debido a sus altos valores de células viables (mayores a 1×10^9 UFC/mL)

BIBLIOGRAFÍA

Lungmann, P., W. Chooritq, P. Prasertsan. 2007. Application of statistical experimental methods to optimize medium for exopolymer production by newly isolated Halobacterium sp. SM5. Electronic Journal of Biotechnology. 10 (1): 1-11.

Hoyos C.J.L., C.Y.J. Garcés, & R.C. Perea. 2011. Evaluación del ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 9 (1): 60 – 68.

Ramírez, Cristina. 2005. Uso de bacterias lácticas probióticas na alimentação de camarões *litopenaeus vannamei* como inibidoras de microorganismos patogênicos e estimulantes do sistema imune. Tesis Doctoral Procesos Biotecnológicos. Sector de Tecnología. Universidad Federal de Paraná. Curitiba. 174 p.

Efecto de la CMC en la Viscosidad de Pulpa de Uchuva

Effect of CMC in the Viscosity of Pulp of Cape gooseberry

Alba Lucia Duque C.¹; German Antonio Giraldo G.²; Clara María Mejía D.³.

1 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Química, Universidad del Quindío. albdunque@uniquindio.edu.co

2 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío. ggiraldo@uniquindio.edu.co

3 Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Química, Universidad del Quindío. cmmejia@uniquindio.edu.co

Resumen. La pulpa de frutas, como la de uchuva, es una excelente fuente de vitaminas y minerales, en especial de betacarotenos, vitamina C y potasio. Los hidrocoloides como la carboximetilcelulosa (CMC) son en su mayoría carbohidratos complejos que se añaden a los productos alimenticios líquidos o semilíquidos para aumentar viscosidad y estabilidad a los mismos. En este trabajo se estudió la influencia de la estabilidad y la viscosidad de la pulpa de uchuva con un hidrocoloide de referencia CMC 400, 350 y 200 mPa.s, determinando de éstos la concentración más adecuada. Los resultados obtenidos mostraron que la pulpa de uchuva mezclada con el hidrocoloide referencia 400 mPa.s al 0,4 5%, presentó en promedio una viscosidad de 17,4 mPa.s y mayor estabilidad.

Palabras clave: Fruta, carboximetilcelulosa, fluidez, sólidos solubles

Abstract. The pulp of fruits such as cape gooseberry, is an excellent source of vitamins and minerals, particularly

beta-carotene, vitamin C and potassium. Hydrocolloids such as carboxymethylcellulose (CMC) are mostly complex carbohydrates are added to the liquid or semiliquid food products to increase the viscosity and stability of the same. The aim of the present work was to study the influence of the stability and viscosity of the pulp of cape gooseberry with a hydrocolloid CMC reference 400, 350 and 200 mPa.s, determining the most appropriate concentration. The results showed that the pulp of cape gooseberry mixed with the hydrocolloid 400 mPa.s to 0.45% concentration, showed an average of 17.4 mPa.s, a higher stability and viscosity.

Keywords: Fruit, carboxymethylcellulose, fluidity, soluble solid

INTRODUCCIÓN

El fruto de uchuva es rico en vitaminas A y C y minerales como hierro, calcio y fósforo; presenta sólidos solubles entre 13 y 16 °Brix. Los principales azúcares son sacarosa, glucosa

y fructosa; los ácidos orgánicos presentes en la fruta son cítrico (ácido predominante), málico y oxálico (Fisher *et al.*, 2005). La pulpa de uchuva es un producto líquido, de color amarillo-naranja, con fluidez homogénea, obtenido por la extracción mecánica de la parte comestible de la uchuva madura, con las mismas características de °Brix, pH y acidez que el de la fruta. La viscosidad es una de las propiedades fisicoquímicas más importantes en los alimentos con aplicaciones en la tecnología de alimentos, tales como desarrollo de procesados, control de productos filtrados y mezclados, evaluación de la calidad y conocimiento de la estructura de la materia prima. La viscosidad de los jugos de fruta cambia con el contenido de pectinas, concentración de azúcares y sólidos en suspensión (Alvarado y Romero, 1989). La pulpa de uchuva fresca presenta una estabilidad del 42% y una viscosidad de 6,3 mPa.s; por lo que requiere la adición de hidrocoloideos. Los hidrocoloideos son polímeros aniónicos, soluble en agua fría o caliente con la propiedad de dispersarse fácilmente en ella. Actuando sobre la estructura y la consistencia, modificando las propiedades funcionales de los alimentos, aumentando su viscosidad y en ocasiones dándole un efecto gelificante (Pilizota *et al.*, 1996). Son fisiológicamente inerte y se utilizan como espesantes, aglutinantes y estabilizadores; debido a estas propiedades se emplea en el sector alimenticio, industrias farmacéuticas, de cosméticos, de papel y otras industrias (Rouse *et al.*, 1974). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto causado por el hidrocoloide carboximetilcelulosa (CMC) en la viscosidad de la pulpa de uchuva (*Physalis peruviana* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de uchuva se adquirieron en un mercado local de la ciudad de Armenia, con grado de madurez similar (fruto de color amarillo, 14°Brix) y sin daños mecánicos aparentes. Los frutos seleccionados se lavaron con solución de hipoclorito a 150 ppm durante 3 minutos, se despulparon y filtraron con una malla de tamaño de poro de 100µm. Se utilizaron

tres referencias de CMC 400, 350 y 200 mPa.s, a diferentes concentraciones: 0.05; 0.1; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50 y 0.55% P/V. Las muestras fueron almacenadas a 10°C durante seis días analizando la viscosidad.

La pulpa fresca estabilizada con CMC se evaluó por triplicado evaluando los °Brix con un refractómetro THERMO modelo 334610, siguiendo el método AOAC 932.12 A.O.A.C. (1980). La densidad por el método potenciométrico, y la viscosidad en un viscosímetro rotacional SELECTA de referencia ST 2010 a temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pulpa de uchuva presentó unos sólidos solubles de 13,6 ± 0,59, pH 3,80 ± 0,1 y acidez como porcentaje de ácido cítrico de 1,59 ± 0,1; estos valores se encuentran en el rango de los valores aceptados de pulpa de uchuva en la ficha técnica para pulpa de fruta congelada: 11,8-14,1; 1,47-1,98 y 3,7-3,96, respectivamente. La viscosidad obtenida de 6,3 mPa/s fue muy baja comparada con los néctares comerciales que al caracterizarlos presentaron una viscosidad de 29,4 mPa.s (pera), 24,7 mPa.s (manzana) y de 16,6 mPa.s (mezcla de mango, papaya y mandarina); por lo tanto se utilizó un agente estabilizante como carboximetilcelulosa (CMC) que le incremente la viscosidad de la pulpa. Estudios realizados por Alvarado, (1987), encontraron que existe una relación directa entre los sólidos solubles y la viscosidad de los jugos, mientras que la relación entre los °Brix y la viscosidad es exponencial en diversos jugos y concentrados de frutas. En la Figura 1, se presenta la viscosidad de las disoluciones de pulpa de uchuva con CMC referencia 400 (a), 350 (b) y 200 (c) mPa.s, respectivamente, presentándose una diferencia estadísticamente significativa entre la viscosidad de la disolución y la concentración de hidrocoloide, debido a que el valor-P es menor que 0,05 con un nivel de confianza del 95,0%.

Se observa que la viscosidad de la pulpa de uchuva se

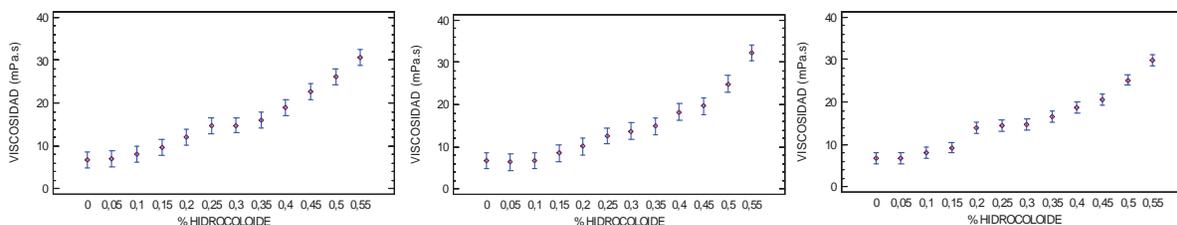


Figura 1. Viscosidad promedio de la pulpa con hidrocoloide de referencia 400, 350 y 200

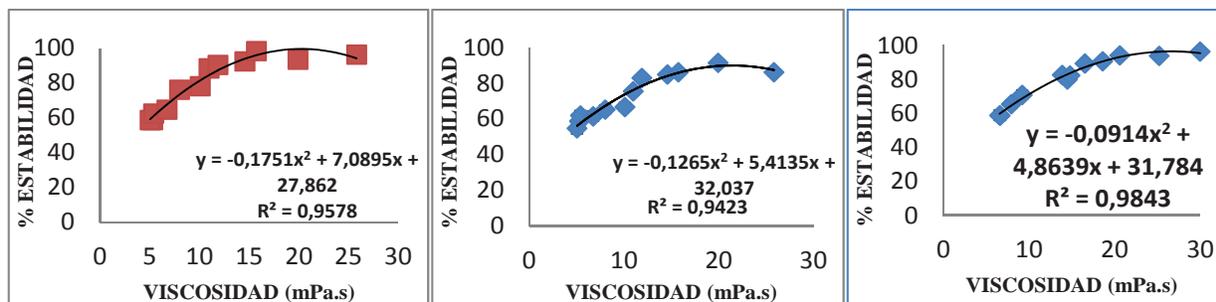


Figura 2. Relación estabilidad y viscosidad según el hidrocoloide 400 (a), 350 (b) y 200 (c) mPa.s

incrementó con el aumento en la concentración de CMC, alcanzando la estabilidad al cuarto día de tratamiento. Además, no se observó diferencia estadísticamente significativa en la viscosidad de las diferentes referencias de CMC. La disolución de pulpa con una concentración de 0.45% de CMC 400, 350 y 200 mPa.s presentó los siguientes valores de viscosidad, 17.4; 14.9 y 19.0 mPa.s, respectivamente a los 4 días de tratamiento. El cambio de viscosidad entre el inicio y el cuarto día fue mínimo. Resultados similares fueron reportados por (Chulin *et al.* 2006) en jugo de zanahoria donde la viscosidad se incrementa por la adición de hidrocoloides como GU, XA, CMC, GX y GE en comparación con la muestra control, teniendo en cuenta que la viscosidad de los hidrocoloides aumenta al incrementar el peso molecular, mientras que durante el tiempo de almacenamiento la viscosidad va disminuyendo.

En la Figura 2, se presenta la relación entre la estabilidad y la viscosidad de los diferentes estabilizantes (400, 350 y 200 mPa.s).

En la Figura 2 se observa una relación directa entre la estabilidad de la pulpa y la viscosidad, alcanzando el equilibrio a una viscosidad aproximada a 19,9 mPa.s con las diferentes referencias de CMC. El hidrocoloide que le proporciona mayor estabilidad a la pulpa a la misma viscosidad (± 25 mPa.s) es el de 400mPa.s con un 96,5%, debido al tamaño de la molécula y su capacidad de generar enlaces electrostáticos.

CONCLUSIÓN

La pulpa de uchuva con CMC de referencia 400 mPa.s al 0,45% de concentración, presentó al cuarto día de tratamiento mayor estabilidad con un rendimiento del 97% y una viscosidad de 17,4 mPa.s; el incremento de la viscosidad de la pulpa disminuyó la difusión de las moléculas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J D and C.H. Romero. 1989. Physical properties of fruits I– II. Density and viscosity of juices as functions of soluble solids content and temperature. *Latin American Applied Research*, 19: 15–21.
- Chulin Liang, Xiaosong Hu, Yuanying Ni, Jihong Wu, Fang Chen, Xiaojun Liao 2006. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. *Food Hydrocolloids* 20: 1190–1197.
- Fisher, G; D. Miranda; W. Piedrahíta y J. Romero. 2005. Avances del cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia, 55 – 82 p.
- Pilizota, V; D. Subaric and T. Lovric. 1996. Rheological properties of CMC dispersions at low temperatures. *Food Technology and Biotechnology*, 34: 87–90.
- Rouse, A.H., L.G. Albrigo, R.L. Huggart and E.L. Moore. 1974. Viscometric measurements and pectic content of frozen concentrated orange juices for citrus future. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 293–296 p.

Evaluación de la Producción de Ácido Láctico Empleando Residuos de Mora y Suero de Quesería

Evaluation of the Production of Lactic Acid from Waste Blackberry and Cheese Whey

Juan C. Oviedo¹, Hellen R. Dominguez¹, Andrea C. Montes, Samanta, Zuñiga¹

¹ Escuela de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, U. Pontificia Bolivariana, Circular 1 No. 70-01 Medellín-Colombia. Medellín-Colombia. juan.oviedo@upb.edu.co

Resumen. Se evaluó la mezcla de residuos de la mora y suero de leche para la producción de ácido láctico, empleando *Lactobacillus sp.* Se realizaron mezclas de mora residual y suero de quesería 30:70, 50:50 y 70:30, como fuente de carbono y energía además de peptona y sales. La medición del ácido láctico se llevó a cabo por medio del cloruro férrico. La mejor concentración para cada una de las mezclas fue $461,068 \pm 0,118$; $884,442 \pm 0,089$ y $845,600 \pm 0,089$ μg Ácido Láctico/L respectivamente. Con la mezcla 50:50 que obtuvo mejores resultados a las 20 horas del bioproceso. De esta manera se aprovechan residuos abundantes y con los datos obtenidos, se podría realizar una optimización para aumentar la concentración del metabolito producido.

Palabras clave: Ácido láctico, suero de leche, mora residual, *Lactobacillus sp.*

Abstract. Was evaluated the waste mixture blackberry rejection and whey for the production of lactic acid, using *Lactobacillus spp.* Carried out mixtures blackberry rejection and cheese whey 30:70, 50:50 and 70:30, as source carbon and energy also peptone and addition salts were made. Lactic acid measurement is performed by means of ferric chloride. The best concentration for each of the mixtures was 461.068 ± 0.118 ; 884.442 ± 0.089 and 845.600 ± 0.086 μg Lactic acid/ L respectively. Mixture 50:50 obtained best performer after 20 hours of bioprocess. Thus take advantage abundant residues and with the data obtained, it could make an bioprocess optimization to increase the concentration of the metabolite produced.

Key words: Lactic acid, whey, blackberry rejection, *Lactobacillus sp.*

INTRODUCCIÓN

El ácido láctico es un ácido orgánico, empleado ampliamente en diferentes industrias como alimentos, textil, farmacéutica, química, curtiembres, biopolímeros entre otros (Herrera-Agudelo, 2011; Coca, 2011; Cock

y Rodríguez, 2007). Los residuos de la mora de castilla (*Rubus glaucus benth*) y suero láctico (desecho de la elaboración del queso), son fuentes de carbono y energía, a los que prácticamente no se les da valor agregado. La producción nacional de mora, reportada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural para el año 2010 fue de 82.135 ton (Torres, 2011), de las cuales un 30% son pérdidas post-cosecha (Ruiz y Ureña, 2009). El suero de leche, se obtiene a partir de la producción de quesos, que tiene un rendimiento sólo del 10%, quedando un 90% subproducto especialmente suero; en Colombia esta producción se estimó, para el año 2008 en 42.593ton (IAIimentos, 2009). La investigación pretende emplear residuos agroindustriales, ricos en azúcares como es el caso de la mora de rechazo y el suero de quesería, para obtener ácido láctico por vías biotecnológicas, empleando bacterias ácido lácticas y aprovechando la importancia que ha ido adquiriendo este método por los beneficios ambientales y el uso de recursos renovables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pretratamiento de los sustratos. Para la mora, se licuó ésta con agua en una proporción 3:1, y se filtró a través de un cedazo, de manera que se obtenga un jugo puro. Para el suero, se realizó: un proceso de desproteínización (Serna y Rodríguez, 2005).

Pretratamiento de los medios. Tras el pretratamiento de los sustratos se mezcló en diferentes proporciones [Mora:Suero] ([30:70] – [50:50] – [70:30]), y se adicionaron suplementos buscando fortalecer la fuente de nitrógeno y minerales.

Microorganismo. El microorganismo empleado es *Lactobacillus spp* suministrados por Centro de Estudios e Investigación en Biotecnología (CIBIOT).

Fermentación. Se dispuso de 12 Erlenmeyer de 200 ml, donde se adicionaron 25ml de sustrato que fueron

posteriormente inoculados con el microorganismo *Lactobacilos spp*, dando las condiciones necesarias de anaerobiosis y agitación. Cada dos horas se procede a tomar una muestra, para medir la concentración de ácido láctico utilizando el método de cloruro férrico.

Se evaluaron 12 muestras cada mezcla por triplicado, tomadas cada 2 horas para un periodo total de 24 horas, para cada ensayo. Para analizar la producción de ácido láctico, se hace uso del método de Cloruro Férrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 aparecen los resultados de las concentraciones de ácido láctico (μg ácido láctico/L) desde las 4 a las 24 horas del bioproceso.

El método de cloruro férrico arrojó que la concentración máxima de ácido láctico, para todos los ensayos se obtiene transcurridas 20 horas de fermentación en concentraciones $461,068 \pm 0,118$; $884,442 \pm 0,089$ y $845,600 \pm 0,086 \mu\text{g}$ Ácido Láctico/L en los ensayos 30:70, 50:50 y 70:30 (mora - suero) respectivamente. Obteniendo mejores resultados en la mezcla 50:50 a las 20 horas del bioproceso. Mi-Young *et al.*, (2003) con residuos del maíz, obtuvieron una productividad de 0,834 g/g de ácido láctico, mostrando que la mezcla de los residuos podría ser empleada y optimizada para la producción de este metabolito.

CONCLUSIÓN

La mezcla [50:50] en un periodo de 20 horas alcanza mayor producción de ácido láctico y su comportamiento es más estable.

BIBLIOGRAFÍA

- Editorial IAlimentos. 2009. ¿Ha cambiado el mercado de quesos?. En: IAlimentos. La revista para la industria de los alimentos, <http://issuu.com/axiomaweb/docs/edicion8/1?e=0>. Edición 8, 42-44 p.; consulta: septiembre 2011.
- Coca, P. J. 2011. Retos De La Ingeniería Química: Procesos Sostenibles. Revista: IQ Ingeniería Química. Numero: 500. 32-43
- Cock, L. y A. Rodríguez. 2007. Producción Económica De Ácido Láctico Utilizando Residuos De Cosecha Y Jugos De Caña De Azúcar (*Saccharum Officinarum L.*). Agricultura Técnica (Chile) 67(1):29-38
- Herrera-Agudelo, M. 2011. Ensayos para la producción de ácido l (+) láctico a partir de la mora de castilla *Rubus*

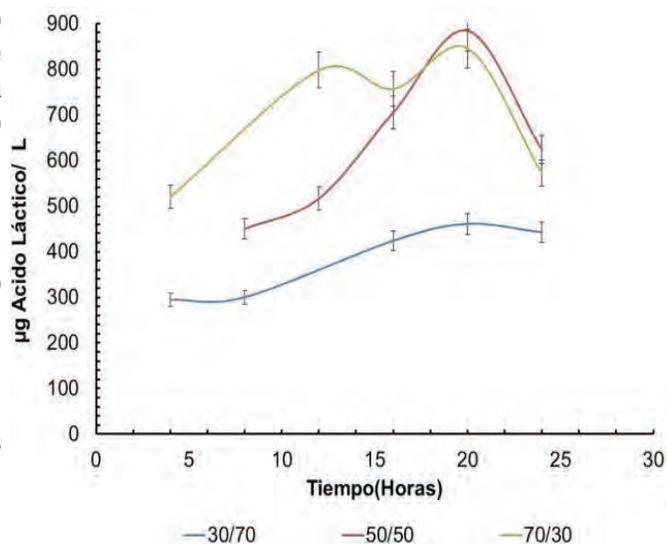


Figura 1. Concentraciones de ácido láctico para las diferentes mezclas de mora y suero durante 24 horas de fermentación.

glaucus Benth proveniente del oriente antioqueño. Trabajo de grado. Facultad De Ingeniería Agroindustrial. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín. 78 p.

- Mi-Young, H. Si-Wouk, K. Yong-Woo, L. Myong, J. Seong, K. 2003. Kinetics analysis of growth and lactic acid production in pH-controlled batch cultures of *Lactobacillus casei* KH-1 using yeast extract/corn steep liquor/glucose medium. *J Biosci Bioeng* 96(2):134-40.
- Ruiz, M. Uredeña, M. 2009. Situación Actual y Perspectivas del Mercado de la Mora. En: USAID-Programa MIDAS, 16p. http://www.ard.org.co/ABC/Archivos/Mora_Lite.pdf; consulta: octubre 2011.
- Serna, L. Rodríguez, A. Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. *Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2005 5(1): 54-65.
- Torres, C.H. 2011. Sector Mora, Antioquia, Noviembre 2011. En: Sistemas de información de gestión y desempeño de organización de cadenas, http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc_cadenas/docs/2062.pdf, 3p.; consultado: enero 2012.

Influencia de la Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y Clarificante, sobre Propiedades Químicas del Vino de Mango (*Mangifera indica*. Var. Hilaza)

Influence of Yeast Saccharomyces cerevisiae and Clarifying the Chemical Properties on Wine Mango (Mangifera indica. Var. Hilaza)

Rafael Olivero^{1*}; Carmen Salgado²; María Nuñez³.

1 Universidad del Atlántico. Grupo de investigaciones GIA, 2,3 Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación Gestión Integral de Procesos, Medio Ambiente y Calidad-GIMAC

*Correspondencia: rafaelolivero@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen. El mango (*Mangifera indica*) variedad Hilaza se ha caracterizado en la región caribe por ser una fruta poco aprovechada, lo que provoca que gran parte de esta fruta se pierda en fincas y patios de las casas durante el tiempo de cosecha. Como una alternativa de solución a esta problemática, la elaboración de vino de mango Hilaza puede garantizar el aprovechamiento y buen uso de la cosecha incrementando además su valor agregado. Hemos determinado que esta fruta posee un índice de factibilidad enológica cercano al de la uva, lo cual lo hace apto para la obtención de vino. En la presente investigación se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y de la bentonita (0,0 g/L – 0,66 g/L – 1,33 g/L y 2,0 g/L) sobre las propiedades químicas y organolépticas del vino de mango Hilaza. Los resultados permitieron determinar que las concentraciones de levadura de 0,66 g/L y 1,33 g/L de bentonita tenían un efecto favorable en el sabor, aroma, acidez y clarificación del vino. El contenido alcohólico promedio para este caso fue de 9.07% y su acidez titulable de 4,74 g/L de ácido ascórbico. Los vinos obtenidos con concentraciones relativamente altas de levadura (2 g/L) y de bentonita (2 g/L) resultaron con aromas relativamente agradables pero con sabores que algunos panelistas no les dieron un buen puntaje en ese juicio.

Palabras clave: Enología, frutas, levadura, bentonita

Abstract. Mango (*Mangifera indica*) variety Hilaza has been characterized in the Caribbean region for being a fruit under harvested; causing much of the fruit is lost in farms and backyards during harvest time. As an alternative solution to this problem, making mango variety Hilaza wine can ensure the use and proper use of crop besides increasing its added value. We have determined that this fruit has a winemaking feasibility index near to the grape, which makes it suitable for the production of wine. In the research on the effect of different concentrations of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and bentonite - (0.66 g / L 1.33 g / L and 2.0 g / L 0.0 g / L) was evaluated chemical and organoleptic properties of mango variety Hilaza wine. The results have revealed that

yeast concentrations of 0.66 g / L and 1.33 g / L bentonite had a favorable effect on the flavor, aroma, acidity and wine clarification. The mean alcohol content in this case was 9.07% and the titratable acidity was 4.74 g / L ascorbic acid. The wines obtained with relatively high concentrations of yeast (2 g / L) and bentonite (2 g / L) had relatively pleasant aromas but with flavors that some panelists were not given a good score on that trial.

Key words: Wine, fruit, yeast, bentonite.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la vasta gama de productos que la industria enológica pone hoy a disposición del consumidor, se encuentran varios tipos especiales de vinos de fruta que se destacan por sus características sensoriales (aroma y sabor). La materia prima, los equipos e instrumentos modernos que esta industria requiere, la exigencia de soluciones a los problemas enológicos que se presentan a cada momento y la categoría de los consumidores a los que, por regla general, va dirigido este producto, son algunos de los motivos que sitúan la preparación de vino entre las actividades más ricas de satisfacción personal que un enólogo puede desear, y esto, naturalmente, presidiendo de consideraciones de tipo económico. (Covas, 2007). En relación con lo anterior, los vinos son una alternativa viable para el desarrollo agroindustrial de las regiones frutícolas, ya que dan valor agregado a la fruta y abren nuevos mercados aumentando los beneficios económicos. Cabe destacar, además, que dependiendo de las profundas diversificaciones entre los varios tipos de vinos que se pueden preparar, existen también las correspondientes distinciones en los criterios idóneos para su valorización. (Fleet, 2003) La diversidad de la materia prima, unida a la variedad del contenido de azúcar y ácido del vino, crean las bases para una amplia elección de tipos y conceden gran satisfacción al degustador. (Castillo, 2006).

La producción de vino en la región Sucreña, utilizando como materia prima el mango (*Mangifera indica*), puede ser una

alternativa para incentivar el desarrollo tecnológico del cultivo de variedades criollas de esta fruta que actualmente carecen de valor agregado, favoreciendo además su comercialización. Un caso ejemplar lo constituye la variedad de mango "Hilaza", sin embargo se observa que anualmente su cosecha se pierde en gran parte al no tener asegurada su venta. (Cassano, 2003). En esta investigación se tiene como objetivo determinar la influencia de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y de la bentonita sobre las propiedades químicas y organolépticas del vino de mango (*Mangifera indica*. Var. *Hilaza*) mediante variaciones experimentales de sus concentraciones, con el fin de establecer pautas para la obtención de un producto de alta calidad y aceptación por parte del consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante esta fase se recolectaron los frutos de la variedad de mango "Hilaza" comercializada tradicionalmente en el mercado público el Papayo de la ciudad de Sincelejo. Se tuvo en cuenta el estado fitosanitario de la fruta, descartando aquellas que presentaron signos de contaminación microbiana y daños físicos. La fruta es sometida a un escaldado a 100 °C por 10 minutos. La pulpa extraída se diluyó en agua hervida fresca en las siguientes proporciones: 25,0 % pulpa y 75,0 % agua; 50,0 % pulpa y 50,0 % agua; 75,0 % pulpa y 25,0 % agua. En el proceso de fermentación el mosto se colocó en erlenmeyers de 1000 mL esterilizados y se inoculó el contenido de los recipiente con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Fleischmann), previamente activadas en agua estéril a temperatura entre 35 y 40 °C por 5 minutos, en concentraciones de 0,00 - 0,66 - 1,33 y 2,00 g/L en forma separada, correspondiente a los diferentes tratamientos. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza, a fin de establecer diferencias significativas entre los tratamientos empleados en el proceso de fabricación de vino a partir de mango "Hilaza". Asimismo, se realizaron regresiones a los datos obtenidos para determinar el comportamiento y la relación entre las variables establecidas en cada experimento. Para ello se empleó el programa Statgraphis Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de factibilidad enológica (IFE). Esta prueba permitió determinar la factibilidad del mango para ser utilizado como materia prima en la elaboración de vino. Los resultados demostraron que el mango hilaza posee un IFE de 536,6, muy cercano a IFE de la uva que es de 740 y que se toma como valor de referencia.

$$\text{IFE del mango Hilaza} = (\% \text{Azúcares} + \% \text{Acidez}) * 36 = (14,3\% + 0,61\%) * 36 = 536,76.$$

El contenido alcohólico en el vino, al ubicar los valores arrojados por la prueba de Winnick en una curva patrón se determinó una influencia marcada de la concentración de levadura sobre el porcentaje de alcohol en las muestras, observándose que este pasó de un promedio de 3,7 % para el tratamiento sin levadura a 12,1 % en el tratamiento con 2,0 g/L de levadura (Figura 1).

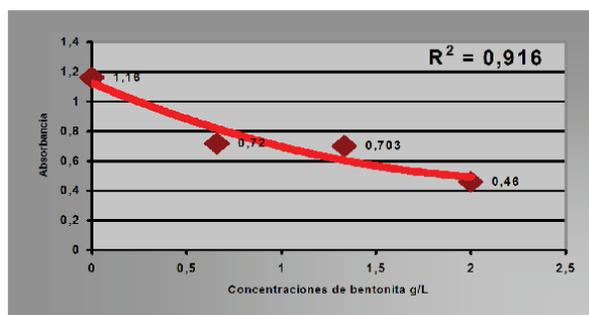


Figura 1. Influencia de la Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en el contenido alcohólico del vino.

El análisis de varianza, determinó que existen diferencias significativas entre la media del contenido de alcohol y los diferentes tratamientos con levadura, ya que el valor P de la prueba F (0,00001) es menor que 0,05 en un nivel del 95 % de confianza. Existe una relación estadísticamente significativa entre acidez y la concentración de la levadura con un nivel de confianza del 95,0 %. Como lo reporta también investigaciones de Lilly 2000.

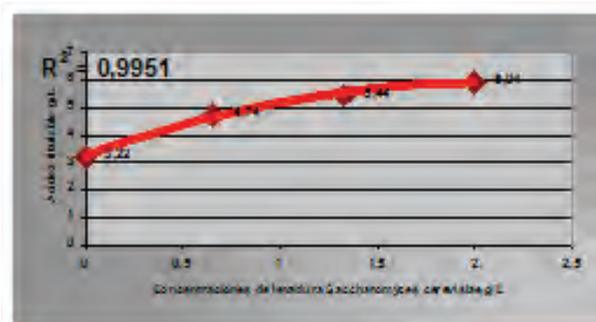


Figura 2. Influencia de la levadura en la acidez del vino

En lo que al pH del mosto se refiere, cabe destacar que se observó un leve descenso de esta variable a medida que se incrementaba la concentración de levadura (Figura 3), por lo que la prueba estadística del análisis de varianza reveló que existen diferencias poco significativas entre el pH y las concentraciones de levadura empleadas.

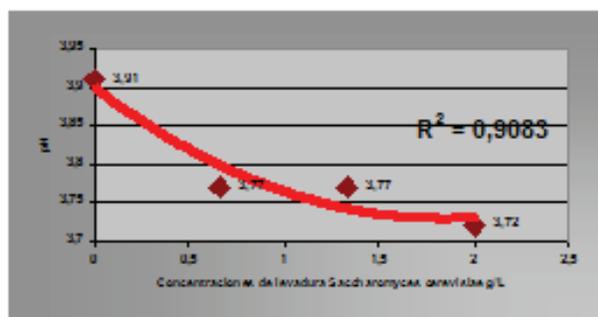


Figura 3. Influencia de la levadura sobre el pH del vino.

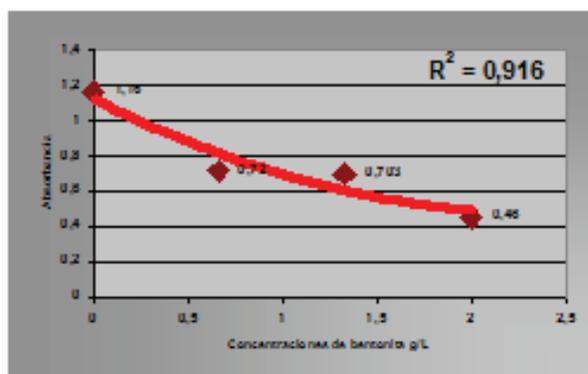


Figura 4. Influencia de la bentonita sobre el grado de absorbancia en el vino.

La Figura 4 presenta la relación de la concentración de bentonita y el color del vino, se observa que la absorbancia disminuye a medida que aumenta la concentración de bentonita.

La prueba estadística para la clarificación del vino con bentonita, reveló que puesto que el valor-P de la prueba-F (0,0002) es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de turbidez del vino, expresado en absorbancia, entre un nivel de bentonita y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

CONCLUSIÓN

El mango (*Mangifera indica*) variedad *Hilaza* presenta un índice de factibilidad enológica adecuado, cercano al de la uva que le permite posicionarse como una de las frutas más aptas para la elaboración de vino. La variación en las concentraciones de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Fleischmann) influyen significativamente las características químicas y organolépticas del vino de mango *Hilaza* tales como: contenido alcohólico, acidez titulable, aroma y sabor, siendo las más adecuadas las de 0,66 g/L y 1,33 g/L en esta investigación. Sin embargo, tiene

poco efecto en el pH. El empleo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (Fleischmann) en concentraciones de 2 g/L permite obtener vinos con un contenido alcohólico máximo de 12,1%.

BIBLIOGRAFIA

- Cassano, A., E. Drioli, G. Galaverna, R. Marchelli, G. Di Silvestre and P. Cagnasso. 2003. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J. of Food Engineering*. 57: 153-163
- Castillo, J. 2006. "Los vinos" Documento Técnico. Disponible en www.monografias.com. Pág.1.
- Covas, H. 2007. Producción artesanal de vino de fruta en Argentina. Revista digital Autosuficiencia Press. Argentina. Pág. 2.
- Fleet, G.H. 2003. Yeast interactions and wine flavour. *Int. J. Food Microbiol.* 86: 11-22.
- Lilly, M., M.G. Lambrechts and I.S. Pretorius. 2000. Effect of increased yeast alcohol acetyltransferase activity on flavor profiles of wine and distillates. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 744-753.

Efecto De las Condiciones de Fermentación en Propiedades Calorimétricas de Masas De Maíz

Effect of Fermentation Conditions on Calorimetric Properties of Corn Sourdough

Sandra Patricia Betancourt Botero¹, Alfredo Ayala-Aponte², Cristina Ramírez Toro³

1 Estudiante de Doctorado en Ingeniería, Énfasis Alimentos - Universidad del Valle – Escuela de Ingeniería de Alimentos – Facultad de Ingeniería – Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. sandra.patricia.betancourt@correounivalle.edu.co

2 Profesor Asociado, Universidad del Valle – Escuela de Ingeniería de Alimentos – Facultad de Ingeniería – Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

3 Profesora Asociada, Universidad del Valle – Escuela de Ingeniería de Alimentos – Facultad de Ingeniería – Calle 13 No. 100 – 00 Cali, Colombia. cristina.ramirez@correounivalle.edu.co

Resumen. En Colombia y el mundo la fermentación natural de masas es muy utilizada en la producción de alimentos tradicionales. Este trabajo tiene como propósito evaluar el efecto del tiempo (TpF) y temperatura de fermentación láctica (TF) sobre propiedades calorimétricas de masas de maíz, utilizando un inóculo puro de bacterias aisladas de masas de maíz. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño compuesto central rotatable, con un nivel de significancia del 5%. Los resultados indican una temperatura de gelatinización máxima (TG_{max}) con valores cercanos a los 75 °C y una entalpía de gelatinización mínima (EG_{min}) cercana a 6 J/g para valores de TF cercanos a 40 °C, demostrando una modificación en la estructura del gránulo de almidón debido a la actividad de los metabolitos bacterianos.

Palabras clave: Bacterias lácticas, temperatura de gelatinización, masas ácidas fermentadas.

Abstract. In Colombia and the world natural sourdough fermentation is widely used for the manufacture of traditional foods. This paper aims to determine the effect of time (TpF) and fermentation temperature (TF) on the calorimetric properties of corn dough, using a pure lactic acid bacteria inoculum isolated from traditional corn sourdough. For statistical analysis a rotatable Central Composite experimental design was used with a significance level of 5%. The results showed a maximum gelatinization temperature (TG_{max}) with values near 75 °C and a minimum gelatinization enthalpy (EG_{min}) around 6 J/g at TG near 40 °C, which shows a change in starch granules structure due to the activity of bacterial metabolites.

Key words: Lactic acid bacteria, gelatinization temperature, sourdough.

INTRODUCCIÓN

La fermentación natural de masas es muy utilizada en Colombia; de este proceso se derivan productos tradicionales como el pan de bono que utiliza almidón agrio de yuca (Mestres y Rouau, 1997) y empanadas “vallunas” que son producidas utilizando masas ácidas fermentadas de maíz. El análisis por medio de DSC

(differential scanning calorimetry) mide la capacidad calorífica en función de la temperatura. Durante el barrido de temperatura se forman picos y puntos de inflexión, los cuales dan información de la naturaleza de la transición, endotermas (fusión de sólidos, desnaturalización de proteínas), exotermas (cristalización de carbohidratos, agregación de proteínas) o transiciones vítreas. Los estudios calorimétricos permiten obtener información que puede relacionarse directamente con los procesos llevados a cabo durante la producción, evaluando el efecto de otras variables físicas o químicas, mediante la comparación de los termogramas obtenidos de los materiales antes y después del procesamiento (Kaletunç, 2009). En este trabajo se evaluaron las condiciones de proceso, tiempo de fermentación (TpF) y temperatura de fermentación (TF) de masas de maíz de calidad proteica (QPM), y su efecto sobre la temperatura (TG) y entalpía de gelatinización (EG), utilizando *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087-11 DRM).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las masas de QPM inoculadas con el 10% de la suspensión de células se prensaron en recipientes plásticos para asegurar anaerobiosis; la TF se controló por medio de incubadoras programables. Se utilizó un diseño experimental compuesto central rotatable, con un nivel de significancia del 5% y se ajustó a un modelo de segundo orden con las variables de diseño TpF con valores mínimo y máximo de 12 y 48 h y TF con mínimo y máximo de 35 y 45 °C. Para el análisis de los valores experimentales se utilizó el programa Minitab16®. Las masas se liofilizaron mediante un liofilizador de bandejas (LABCOMCO, USA). A 10 mg (b.s) de masa liofilizada contenida en crisoles de aluminio se le adicionaron 30 μ L de agua desionizada y se dejaron equilibrar durante 1 h. Posteriormente se analizaron en un DSC (Metler Toledo, Suiza), mediante un barrido desde 25 hasta 110 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min. La TG se determinó por la temperatura de pico en la endoterma y la EG se obtuvo a partir del área bajo la curva formada por la endoterma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La TG de la muestra sin fermentar fue de 69.28 °C, mientras que las muestras fermentadas (Figura 1a) presentaron una TG máxima a 75 °C para una TF de 40 °C; siendo significativo el efecto de TF y la interacción entre las variables sobre TG ($p < 0.05$), mientras que TpF no mostró un efecto significativo sobre TG. La Ecuación 1 muestra el modelo para TG donde x_1 es TF, x_2 TpF y x_{12} es la interacción entre x_1 y x_2 :

$$\hat{y} = -157.16 + 11.308x_1 - 0.138x_{12} \quad (1)$$

La EG para almidones nativos se encuentra generalmente entre 5 y 20 J/g (BeMiller y Whistler, 2009). Para el caso del QPM la EG para la muestra sin fermentar fue de 13.8 J/g y para las muestras fermentadas (Figura 1b) se obtuvo una EG mínima (forma cóncava hacia arriba) de 6.13 J/g a una TF de 40°C. La Ecuación 2 muestra el modelo de segundo orden que describe el comportamiento de la variable de respuesta, donde x_1 es TF y x_2 representa TpF:

$$\hat{y} = 155.267 - 7.103x_1 - 1.014x_2 + 0.089x_{12} - 0.007x_2^2 \quad (2)$$

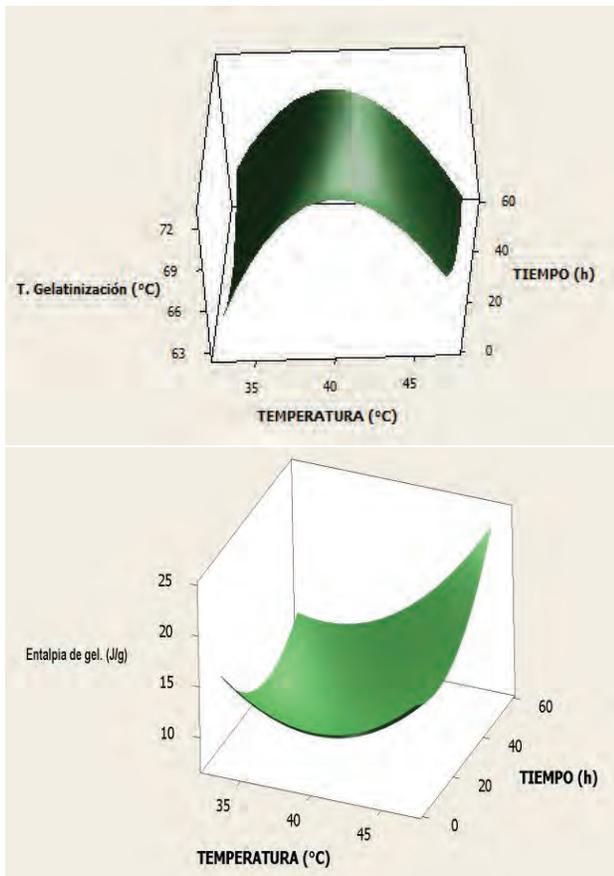


Figura 1. Variación de T. Gelatinización (TG) (a) y Entalpía de gel. (EG) (b) de masas de QPM fermentadas.

Este resultado indica que durante el proceso de fermentación, especialmente para valores de TF cercanos a 40 °C, se presentó un cambio estructural del gránulo de almidón, debido a la hidrólisis provocada por los ácidos orgánicos y enzimas amilolíticas extracelulares producidas por las bacterias ácido lácticas inoculadas a las masas de QPM, atacando principalmente las zonas amorfas del gránulo de almidón (Singh *et al.*, 2009; Chahrouh *et al.*, 2013).

CONCLUSIÓN

Las propiedades calorimétricas de masas de maíz presentaron valores máximos alrededor de 75°C para TG y mínimos de aproximadamente 6 J/g para valores cercanos a TF de 40°C, debido al efecto del proceso de fermentación con *Lactobacillus plantarum* (CPQBA 087 -11 DRM) productoras de enzimas amilolíticas y ácidos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle, por el apoyo financiero a través del proyecto con CI 2615.

BIBLIOGRAFÍA

- BeMiller, J. and R. Whistler. 2009. Starch: Chemistry and Technology. Tercera edición. Academic Press International Series. USA. 328 p.
- Chahrouh W., Y. Merzouk, J. E. Henni, M. Haddaji and M. Kihal. 2013. Screening and identification of lactic acid bacteria isolated from sorghum silage processes in west Algeria. African Journal of Biotechnology 12(14): 1703-1709.
- Kaletunç, G. 2009. Calorimetry in Food Processing: Analysis and Design of food systems, primera edición. Iowa. Wiley-Blackwell Ed. USA. 412 p.
- Mestres, C. and X. Rouau. 1997. Influence of natural fermentation and drying conditions on the physicochemical characteristics of cassava starch. Journal of the Science of Food and Agriculture. 74: 147-55.
- Singh, G.D., A.S. Bawa, C.S. Riar and D.C. Saxena. 2009. Influence of heat-moisture treatment and acid modifications on physicochemical, rheological, thermal and morphological characteristics of indian water chestnut (Trapa natans) starch and its application in biodegradable films. Starch. 64: 506 – 513.

Nanotecnología en Alimentos



II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Nanoemulsions Development from Microalgal Lipids <i>Shana Pires Ferreira; Celia Francisca Centeno da Rosa and Jorge Alberto Vieira Costa.....</i>	1018
Obtención de una suspensión de nanocelulosa/almidón para envasado en spray <i>Diana I. Jaramillo Ruiz; Lina M. Vélez Acosta; Piedad F. Gañán Rojo; Jorge A. Velásquez Cock; Cristina I. Castro Herazo; Robin Zuluaga Gallego.....</i>	1020
Efecto de Nanopartículas de <i>Allium Sativum</i> en Propiedades Mecánicas y Ópticas De Músculo de Bovino <i>K. J. Figueroa-López; O. L. Torres Vargas; J. J. Prías-Barragán y H. Ariza-Calderón</i>	1023
Producción Biotecnológica de Antioxidantes Fenólicos por Fermentación Sumergida y en Medio Sólido. <i>Mónica L. Chávez, Juan C. Contreras, R. Rodríguez, Cristóbal N. Aguilar.....</i>	1026
Actividad Enzimática del Pericarpio de Calabacín Verde (<i>Curcubita pepo medullosa</i>): Estudio Preliminar Comparando dos Métodos para la Ruptura de Pared Celular <i>Jeyson G. Perenguez Verdugo, Margarita M. Andrade-Mahecha.....</i>	1027
Caracterización de Películas Comestibles Bicapa (<i>Quitosano-Alginato</i>) con Nanoemulsiones de Aceite de Sacha Ichi (<i>Plukenetia Volubilis</i>) <i>Fabián Andrés Velazques, Daniel Alexander Méndez Reyes, Juan Pablo Quintero-Cerón, Henry Alexander Váquiro Herrera y José Fernando Solanilla Duque.</i>	1029
Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas de Gelatinacon Refuerzo de Nanofibras de Celulosa <i>Ricardo D. Andrade; Olivier Skurtys; Fernando Osorio.....</i>	1032
Películas Poliméricas Reforzadas con Nanopartículas de Polvo de Ajo <i>Kelly Johana Figueroa López; Olga Lucia Torres Vargas; Jhon Jairo Prías Barragán y Hernando Ariza Calderón.....</i>	1034
Obtención y Caracterización de Nanofibras a partir de Material Lignocelulósico de Bagazo de Caña de Azúcar <i>Margarita María Andrade Mahecha; Natali López Mejía; Andrés Felipe Reyes Giraldo; Andrés Echeverry Castro; Junior Bernardo Molina Hernández; Oscar Dubán Ríos Solarte; Efrén Muñoz Galindez y Ana Cecilia Agudelo Henao.....</i>	1037
Funcionalización de Nanopartículas Magnéticas con Complejo Celulolítico Mediante Unión Covalente <i>Jaquelina Sánchez Ramírez; José Luis Martínez Hernandez; Elda Patricia Segura Cenicerós; Cristóbal N. Aguilar; R.G López Campos; Anna Iliná.....</i>	1040

Nanoemulsions Development from Microalgal Lipids

Desarrollo de Nanoemulsiones con Lípidos de Microalgas

Shana Pires Ferreira¹; Celia Francisca Centeno da Rosa² and Jorge Alberto Vieira Costa³

¹ Food Engineering. Post-doctoral research, Federal University of Rio Grande - School of Chemistry and Food. Italia Avenue km 8, Rio Grande, Brazil. <shanaferreira@gmail.com>

² Chemical Engineering. Post-doctoral research, Federal University of Rio Grande - School of Chemistry and Food. Italia Avenue km 8, Rio Grande, Brazil. <celia.centeno@yahoo.com.br>

³ Associate Professor. Federal University of Rio Grande - School of Chemistry and Food. Italia Avenue km 8, Rio Grande, Brazil. <jorgealbertovc@terra.com.br>

Abstract. The aim of this work was to obtain nanoemulsions using an extracted lipid of *Chlorella pyrenoidosa* microalgae as component of the oil phase. The nanoemulsions had oil droplet size ranging from 187.9 nm to 324.7 nm. The smaller drop size (187.9 nm and 199.7 nm) and smaller polydispersity indexes (0.114 and 0.089) were obtained without addition of Tween 80. Further, all nanoemulsions were stable, with values of zeta potential greater than 30 mV in magnitude.

Keywords: Emulsification, high speed homogenizer, *Chlorella pyrenoidosa* oil.

Resumen. El objetivo de este estudio fue obtener nanoemulsiones con aceite extraído de *Chlorella pyrenoidosa*. Las nanoemulsiones presentaron un tamaño de gota de aceite que varía entre 187,9-324,7 nm. Los menores diámetros (187,9 nm y 199,7 nm) y los índices de polidispersidad (0,114 y 0,089) fueron obtenidos cuando no se utilizó el surfactante comercial Tween80. Además, todas las nanoemulsiones fueron estables con valores de potencial zeta superiores a 30 mV en magnitud.

Palabras clave: Emulsificación, homogeneizador de alta velocidad, aceite de *Chlorella pyrenoidosa*.

INTRODUCTION

Nanoemulsions (NES) are often used to define emulsions with internal drop size smaller than 1.000 nm. In the last decades, interest in researches that emphasize this preparation has grown (Koroleva e Yurtov, 2012). Emulsions are formed by two immiscible liquids, commonly referred to as water and oil phase. The last phase (oil) could be prepared from microalgae oil. Lipids are one of the principal microalgae constituents (5 to 75% of dry biomass) and present great nutritional role as energy and essential fatty acids source (35 to 60% total lipids) (Morais, 2006). Given the context, the aim of this work was the development of nanoemulsion using microalgae lipids as a component from the oil phase.

MATERIALS AND METHODS

Microorganism. For this research it was used dry biomass of microalga *Chlorella pyrenoidosa* produced for Nanjing Wellchem (China) and imported by the company Delaware Chemistry.

Extraction and quantification of total lipids. The extraction and quantification of total lipids of dry biomass of *Chlorella pyrenoidosa* was determined by the methodology proposed by Folch *et al.*, (1957).

Nanoemulsions preparation. The preparation of the oil/water nanoemulsions was carried out in two different ways, through methodology adapted from Bouchemal *et al.* (2004). The first method (method A) employed a high-speed homogenizer (Ultra Turrax T25) at 10.000 rpm; the second method (method B) was a combination of high-speed homogenizer (Ultra Turrax T25 - at 10.000 rpm) with ultrasonic bath, whose intention was to enhance the homogenization of the emulsion and provide a greater reduction in droplet sizes.

The water phase (80 mL) was composed by distilled water (30°C) and surfactant Tween 80 at different concentrations (0, 0.2 and 1.0% (w/v)). The oil phase was composed by 400 mg of microalgae lipid and a mixture of solvent (chloroform and methanol) at a ratio of 2:1 (90 mL). For both methods of preparation, three tests (n = 3) were made lasting 30 min each, totalizing six experiments.

Droplets size measurements and polydispersity index.

The medium diameter of droplets and polydispersity index were measured using dynamic light scattering (DLS). For samples 1, 2 and 3 the DLS analyses were performed on 18° days after nanoemulsion preparation. For samples 4, 5 and 6 the DLS analyses were performed on 12° days after nanoemulsion preparation.

Measure of zeta potential (ζ). The zeta potential values (Zeta Potential Analyzer 31450, Zeta PALS, Brookhaven Instruments) were determined by electrophoretic mobility of particle. This measure relates the velocity of a particle under the action of an electric field to its electro kinetic potential.

Table 1 - Medium droplet diameter, PI and ζ potential for nanoemulsion

Method	Test	Tween 80 (% w/v)	Medium droplet diameter(nm) (PI)	ζ potential (mV)
A (UT)	1	0.0	187.9 (0.114)	-41.75±0.99
	2	0.2	240.6 (0.231)	-35.36±1.18
	3	1.0	324.7 (0.377)	-42.46±0.38
B (UT + UB)	4	0.0	199.7 (0.089)	-33.64±1.23
	5	0.2	265.1 (0.373)	-31.35±0.53
	6	1.0	209.9 (0.418)	-37.62±0.99

UT: Ultra Turrax; UB: ultrasonic bath; PI: polydispersity index; n = 3.

RESULTS AND DISCUSSION

The Table 1 shows the results of medium droplet diameter, polydispersity index (PI) and zeta potential for different nanoemulsions obtained.

Nanoemulsion from test 1 (Table 1) showed smaller droplet diameter (187.9 nm) and polydispersity index (0.114 nm). These results indicate that the emulsion has good stability since it retains these characteristics at day 18 after it had been prepared. According Ragelle *et al.*, (2012) the lower values of the polydispersity index indicate a more monodisperse suspension. The emulsions prepared with addition of surfactant had higher droplet diameter (samples 2, 3 and 5). This result was not expected. However, Tween 80 is a surfactant with high carbon chain, and their distribution in the oil/water interface, probably contributed to increase the droplet size diameter of the emulsion, due to its high molecular weight (1310 g/mol). Regarding testing 6, it is observed that the smaller droplet size is probably associated with synergy between the high concentration of surfactant and the combination of the two methods of emulsification.

In relation to results of zeta potential, Wang *et al.* (2009) report that values equal to or greater than 30 mV in magnitude means that the repulsive forces on the double electric layer are greater than attractive van der Waals forces, ensuring electrostatic stability of the emulsion, avoiding the Ostwald ripening and subsequent phase separation. In this context, it is noted that all emulsions (test 1 to 6) showed electrostatic stability because the magnitude of zeta potential values ranged from 31.35 mV to 42.46 mV. The stability shown by emulsions prepared without addition of Tween 80 (test 1 and test 4), could be associated with the existence of biosurfactant produced by algae that is the component of unsaponifiable fraction of total lipid. In addition, these emulsion showed smaller polydispersity index indicating a more monodisperse suspension.

CONCLUSIONS

Nanoemulsion with droplet size ranging from 187.9 nm to 324.7 nm were obtained using microalgae lipid as oil phase. Emulsions without surfactant showed the smallest results of droplet size and polydispersity index. All samples showed electrostatic stability because the zeta potential was greater than 30 mV in magnitude. Given the results achieved, it can be concluded that lipids from microalgae biomass, that have beneficial properties for human health, are a promising source for nanoemulsion production.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to CAPES/Nanofotobiotec Network and CNPq/Nanofotobiotec Network III for financial support. Thanks to Chemistry Institute of UFRGS (analysis of DLS and zeta potential).

BIBLIOGRAPHY

- Bouchemal, K., S. Briançon, E. and Perriere, H. Fessi. 2004. Nanoemulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimization. *International Journal of Pharmaceutics* 280: 241-251.
- Folch, J., M. Lees and G. Sloane. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509.
- Koroleva, M. and E. Yurtov. 2012. Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications. *Russian Chemical Reviews* 81:21- 43.
- Morais, M. G. 2006. Fixação de dióxido de carbono e produção de ácidos graxos. *Dissertação em Engenharia e Ciência de Alimentos*. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 112 p.
- Ragelle, H., S. Crauste, J. Seguin, D. Brossard, D. Scherman, P. Arnaud and G. Chabot. 2012. Nanoemulsion formulation of fisetin improves bioavailability and antitumour activity in mice. *International Journal of Pharmaceutics* 427: 452- 459.
- Wang, L., R. Tabor, J. Eastoe, X. Li, R. Heenan and J. Dong. 2009. Formation and stability of nanoemulsions with mixed ionic-nonionicsurfactants. *Physical Chemistry Chemical Physics* 11: 9772-9778.

Obtención de una suspensión de nanocelulosa/almidón para envasado en spray

Obtainment of Nanocellulose/starch Suspension for Spray Packaging

Diana I. Jaramillo Ruiz¹; Lina M. Vélez Acosta²; Piedad F. Gañán Rojo³; Jorge A. Velásquez Cock⁴; Cristina I. Castro Herazo⁵; Robin Zuluaga Gallego⁶

¹ Ingeniera Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, dianaisabel.jaramillo@hotmail.com

² Profesor titular Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, lina.velez@upb.edu.co

³ Decana, Facultad de ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, piedad.ganan@upb.edu.co

⁴ Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, sorsa55@hotmail.com

⁵ Profesor titular Facultad de Ingeniería Textil, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, cristina.castro@upb.edu.co

⁶ Profesor titular Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín robin.zuluaga@upb.edu.co

Resumen. Se desarrollaron formulaciones de suspensiones de almidón termoplástico (TPS) con diferentes porcentajes de nanofibrillas de celulosa vegetal, que fueron caracterizadas, envasadas y evaluadas mediante la tasa de entrega y patrón de rocío del spray. Adicionalmente se encontró que al aumentar el contenido de celulosa se incrementó la viscosidad y el volumen de gas necesario para evacuar la suspensión del envase en spray. Igualmente se concluyó que debido a las propiedades refrigerantes del gas propelente es necesario el uso de un crioprotector para la suspensión, con el fin de evitar la formación de cristales de agua a la salida de la válvula.

Palabras claves: gas propelente, aerosol, nanotecnología, formulación, caracterización

Abstract. Suspension formulations were developed with thermoplastic starch (TPS) and different contents of vegetable (plant) cellulose nanofibrils, which were characterized, packaged and evaluated by the rate of delivery and spray pattern, additionally it was found that increasing the fiber content also increased the suspension viscosity and the volume of gas required to evacuate the container to spray the suspension. Due to the refrigerant properties of the propellant gas, the solution requires a cryoprotectant in order to avoid the formation of ice crystals in the valve outlet.

Key Words: propellant gas, aerosol, nanotechnology, formulation, characterization

INTRODUCCIÓN

La producción de nanofibrillas de celulosa y su aplicación en materiales compuestos ha ganado cada vez más atención debido a su alta resistencia y rigidez combinada con bajo peso, biodegradabilidad y renovabilidad (Siró and Plackett

et al., 2010). Estudios demuestran que la presencia de nanofibrillas de celulosa en la matriz de almidón, producen un incremento en el módulo de elasticidad y el esfuerzo máximo de las películas, conservando su estabilidad térmica y ocasionando pequeñas variaciones en su estructura química, por lo tanto su empleo como agente reforzante es una alternativa viable y prometedora para producir películas de almidón más rígidas y con mejores propiedades mecánicas, lo que deja este material como una alternativa biodegradable a los plásticos convencionales (Echeverri *et al.*, 2011). Las películas como recubrimientos para diferentes materiales y especialmente para alimentos, se han convertido en un reto científico ya que a través de su uso pueden disminuirse los riesgos en la contaminación y pérdida de calidad de los productos recubiertos, igualmente ocurre con los productos en aerosol los cuales representan un elemento cotidiano que engloban una amplia gama de alimentos, tales como: nata, aceite de cocina, aderezos, salsas, mostaza, hielo, colorantes, chocolate, polvo de café etc. (FEA *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo es obtener suspensiones de TPS con diferentes cantidades de nanofibrillas de celulosa vegetal para ser envasadas en spray con el fin de combinar las cualidades de las suspensiones con la facilidad de uso, aplicación inmediata, comodidad, manejabilidad, garantía de hermeticidad, higiene y dosificación controlada que brinda el aerosol. Para ello se determinaron las formulaciones de las suspensiones, se realizó una caracterización, se estandarizó el proceso de envasado y se efectuó la evaluación del spray.

MATERIALES Y MÉTODOS

fueron formuladas las suspensiones según lo descrito por (Montoya *et al.*, 2012), a partir de almidón de yuca, glicerol, sorbato de potasio y nanofibrillas de celulosa vegetal aisladas del raquis de banano (Zuluaga *et al.*, 2009). Se efectuó el proceso de gelatinización referido por Reddy & Yang 2010, se homogenizaron en Ultra-Turrax a 10000 rpm para luego ser esterilizadas y almacenadas a $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Las suspensiones fueron caracterizadas: la viscosidad fue medida en un viscosímetro Thermo Scientific Viscotester 6 Plus a 100 rpm, la densidad fue determinada según la norma AOAC 962,37, el comportamiento reológico de la suspensión fue evaluado en un reómetro TA Instruments Discovery HR-2 a 25°C , con geometría de cilindros concéntricos (DIN) y la microscopia en un estereoscopio Motic SFC-12-N2TG, con aumento de 6X el cual mostró imágenes de la formación de película de las suspensiones envasada en aerosol. Para el envasado en spray se utilizó gas propelente A-46 (NTC 3204). La solución fue dosificada en envases de aluminio con válvulas Summit con activadores con salida de $0,020 \times 0,032''$. Se estandarizó el proceso de envasado en spray y se evaluó la cantidad de gas inyectado con relación a la cantidad de solución evacuada a las diferentes concentraciones. Adicionalmente se determinó la tasa de entrega de las

suspensiones envasadas en spray con base en la ASTM D3069-94 2013. Por último se determinó el patrón de rocío, como el diámetro formado por la aplicación del spray a distancia y temperatura controlada (11 cm , 25°C) (Gómez, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

en la Tabla 1 que se presenta a continuación, se evidencia que al aumentar la cantidad de celulosa se incrementa la viscosidad medida a 100 rpm, por lo tanto se requerirá un mayor contenido de gas a la hora de envasar la formulación, para evacuar la totalidad de la suspensión preparada. La densidad presenta un aumento leve al incrementar la cantidad de celulosa en la formulación, sin embargo no es significativa.

En la Tabla 1 también se determina que la tasa de entrega y patrón de rocío no presentan una tendencia dependiente del contenido de celulosa, debido a la descarga irregular y la formación de hielo a la salida del actuador, ya que el gas propelente obedece al efecto Joule Thomson (Mcketta *et al.*, 1991), en el cual se presenta un descenso en la temperatura al expandirse y someterse a presión atmosférica, lo que resulta en temperaturas inferiores a 0°C a la salida del actuador. No obstante en los resultados

Tabla 1. Formulación, caracterización, envasado y evaluación de la suspensión en spray

Formulación suspensión	Caracterización de la suspensión		Envasado en spray		Evaluación del aerosol	
	Viscosidad (mPa.s)	Densidad (g/mL)	Suspensión (%)	Propelente (%)	Tasa de entrega (g/s)	Patrón de rocío (mm)
Sin celulosa	76,0000	1,0701	0,5892	0,4108	0,4122	59,7222
0,10%	195,5000	1,0634	0,5577	0,4423	0,3811	60,3133
0,20%	315,0000	1,0651	0,5771	0,4229	0,3793	58,9011
0,30%	405,0000	1,0667	0,5232	0,4768	0,3290	57,8767
0,40%	525,0000	1,0674	0,4672	0,5328	0,4016	58,1444
0,50%	605,0000	1,0677	0,4694	0,5306	0,4020	57,2144
0,60%	755,0000	1,0678	0,4591	0,5409	0,4150	57,0411
0,70%	1460,0000	1,0680	0,4435	0,5565	0,4086	57,2900
0,80%	1700,0000	1,0687	0,4131	0,5869	0,4282	56,0244
1,00%	2720,0000	1,0689	0,4126	0,5874	0,3761	56,2144
1,50%	5790,0000	1,0705	0,1679	0,8321	0,3797	56,2200

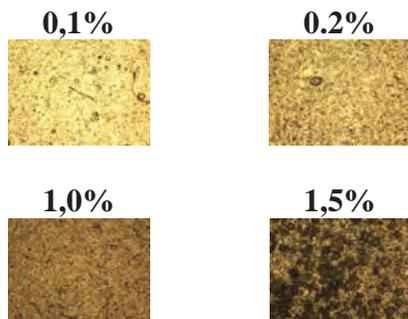


Figura 1a. Microscopía óptica

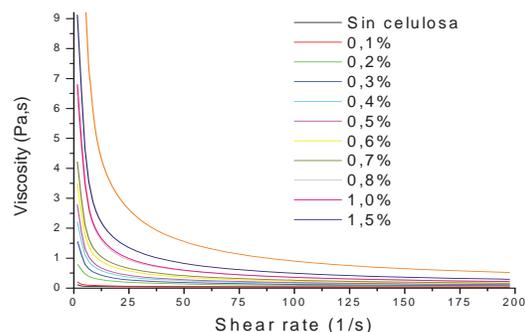


Figura 1b Comportamiento reológico

de microscopía óptica presentados en la Figura 1a, se percibe visualmente una formación homogénea de películas al aumentar el contenido de nanofibrillas de celulosa. En la Figura 1b se observa que las diferentes soluciones evaluadas presentan un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico, el cual se caracteriza por el decrecimiento de la viscosidad aparente con el incremento de la velocidad de corte (Sandoval *et al.*, 2006), además se establece una relación directa con la anterior tabla donde se observa un aumento de la viscosidad al aumentar el contenido de celulosa.

CONCLUSIÓN

Se obtuvieron suspensiones de nanofibrillas de celulosa envasadas en spray que podrían ser evaluadas en un estudio posterior como recubrimientos en alimentos. Es necesario el uso de un crioprotector en la formulación de la suspensión con el fin de mejorar sus propiedades coligativas y evitar la congelación del agua a la salida del actuador por efecto del gas propelente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Pontificia Bolivariana Programa, al Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación-CIDI de la UPB, y al programa de Jóvenes investigadores e innovadores del Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e innovación Colciencias.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D3069-94, 2013. *Standard Test Method for Delivery Rate of Aerosol Products*.
 Echeverri, N., Ú. Montoya, R. Zuluaga, C. Castro y P. Gañán. 2011. Películas de almidón de papa reforzadas

con celulosa bacteriana. *ReCiTeIA*. 11(1b): 81–91.
 Gómez, H. 2013. Patrón de rocío y volumen de descarga. En: *Aerosol la Revista*. <http://aerosollarevista.com/2013/03/patron-de-rocio-y-volumen-de-descarga/>. consulta: Marzo 2013.
 Montoya, U., R. Zuluaga, C. Castro, S. Goyanes, P. Gañán. 2012. Development of composite films based on thermoplastic starch and cellulose microfibrils from Colombian agroindustrial wastes. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 27(3): 413–426.
 Reddy, N. and Y. Yang. 2010. Citric acid cross-linking of starch films. *Food Chemistry*, 118(3): 702–711.
 Sandoval, E.R., A.F. Quintero, A. Lisímaco, B. Ospina. 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería y Desarrollo Universidad del Norte*, 19: 17–30.
 Siró, I. and D. Plackett. 2010. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. *Cellulose*. 17(3): 459–494.
 Zuluaga, R., J.L. Putaux, J. Cruz, J. Vélez, I. Mondragon y P. Gañán. 2009. Cellulose microfibrils from banana rachis: Effect of alkaline treatments on structural and morphological features. *Carbohydrate Polymers*. 76(1): 51–59.

Efecto de Nanopartículas de *Allium Sativum* en Propiedades Mecánicas y Ópticas De Músculo de Bovino

Effect of Allium Sativum Nanoparticles in Mechanical and Optical Properties of Bovine Muscle

K. J. Figueroa-López¹, O. L. Torres Vargas², J. J. Prías-Barragán³ y H. Ariza-Calderón⁴

1 Ingeniera de Alimentos, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

2 Docente investigador Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.

3 Docente investigador Programa de Instrumentación en Electrónica y el Instituto Interdisciplinario de las Ciencias. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.

4 Director del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío Carrera 15 Calle 12 Norte, Tel.: + 57 (6) 7359300 – 7460100, A.A. 2639 Armenia, Colombia.

Resumen. Se presenta el efecto de la adición de nanopartículas de *Allium sativum* (ajo) en las propiedades mecánicas y ópticas de tejido muscular de bovino. Las muestras se impregnaron con 0,1 g de micropartículas (μ PA, 0,3 μ m) y nanopartículas de ajo (nPA, 60 nm). La propiedad mecánica estudiada fue la fuerza de corte, empleando un equipo analizador de textura TA.XP-plus. En el estudio de las propiedades ópticas se utilizó un equipo analizador de color Hunter Lab y un sistema de microscopía electrónica de transmisión (MET). Se determinaron las fuerzas de corte para tres diferentes muestras de tejido muscular, la primera sin partículas (CF), la segunda impregnada con μ PA (1μ PA) y la tercera impregnada con nPA (InPA). De la comparación de los valores de fuerza de corte en cada muestra, se encontró que el efecto de la adición de las nPA en el tejido muscular ayuda a su ablandamiento. En la respuesta óptica se observó que la adición del μ PA y nPA no altera significativamente el color del tejido muscular respecto a la referencia. Estos resultados se podrían atribuir al efecto de la aglomeración de las nPA en las fibras de colágeno, tal como se logró observar en las imágenes de MET; lo cual se podría atribuir a efectos de interacción electrostática y/o efectos de fuerzas de Van der Waals entre moléculas de las fibras de colágeno y las nPA.

Palabras clave: Nanopartículas de ajo, textura, MET.

Abstract. The effect of the addition of *Allium sativum* nanoparticles in mechanical and optical properties of bovine muscle tissue is presented. Samples were impregnated with 0.1 g of microparticles (μ PA, 0.3 μ m) and garlic nanoparticles (nPA, 60 nm). The mechanical property studied was the cutting force using a texture analyzer TA.XP-plus. In the study of the optical properties analyzer was used a Hunter Lab color system and transmission electron microscopy (TEM). Cutting forces for three different samples of muscle tissue were determined, the first without particles impregnated,

the second impregnated with μ PA (1μ PA) and the third one with nPA (InPA). When comparing the cutting force values in each sample it was found that the addition of nPA to the muscle tissue helps its softening. In the optical response was observed that the addition of μ PA and nPA do not significantly alter the color of muscle tissue with respect to the reference. These results can be attributed to the effect of the nPA agglomeration into the collagen fibers as observed in the TEM images, which could be attributed to effects of the electrostatic interaction and/or Van der Waals forces between collagen fibers molecules and nPA.

Key words: Garlic nanoparticles, texture, TEM.

INTRODUCCIÓN

El *Allium sativum* (ajo) ha sido utilizado desde las antiguas civilizaciones por sus características saborizantes, aromatizantes, efectos antimicrobianos y beneficios al organismo debido a sus principios activos (Ledezman y Castro, 2006) al que se le han atribuido efectos saludables en diversas enfermedades (Navarro, 2007; Chia-Wen *et al.*, 2012). Estas propiedades han venido siendo usadas en la industria alimentaria, especialmente en la carne y sus derivados para mejorar sus propiedades organolépticas (sabor, aroma, ternura y color) y extender su vida de anaquel, y así hacerlos más atractivos a los consumidores. Recientemente, se ha estado investigando acerca de los efectos del ajo en la carne, como un enmascarador de los aromas desagradables y evitar los cambios de color que se obtienen después de irradiarla; también se ha usado como agente conservador de carne lista para comer. El objetivo principal de esta investigación fue mejorar las propiedades organolépticas de la carne fresca adicionando nanopartículas de polvo de ajo (nPA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de carne fueron obtenidas de lomo de bovino y cortadas en forma de cubo de 2 cm³ y aproximadamente 20 gramos de peso. Las nPA fueron obtenidas por procesos de reducción y selección de tamaño (macerado y tamizado). Las muestras se impregnaron con 0,1 g de micropartículas (μ PA, 0,3 μ m) y nanopartículas de ajo (nPA, 60nm), las cuales fueron almacenadas a temperatura de refrigeración de 5°C y posteriormente se realizaron medidas mecánicas y ópticas. Para la fuerza de corte se utilizó una cuchilla Blade Set, empleando un texturómetro TA.XT plus.

Las pruebas ópticas se realizaron por medio de un Espectrocolorímetro y Microscopio Electrónico de Transmisión (MET) siguiendo el protocolo descrito por (Romero, 2003). Todas las muestras fueron realizadas por triplicado y analizadas mediante regresión multivariada, utilizando el paquete estadístico Statgraphic® Plus, Centurion.15.2.12 XV (Numagistics Ltda).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron fuerzas de corte, en espacios periódicos hasta llegar a 240 horas de tres tipos de muestras, CF, μ PA e InPA. Como se puede observar en la Figura 1, la carne InPA presentó un mayor ablandamiento (menor fuerza de corte) que las otras muestras, con un ($p < 0,05$). Este mayor ablandamiento se debe a que las nPA tienen un poder de penetración más rápido que las μ PA y se adhieren a las fibras de colágeno como se pudo observar por MET (Figura 5), las cuales son responsables de la dureza de la carne.

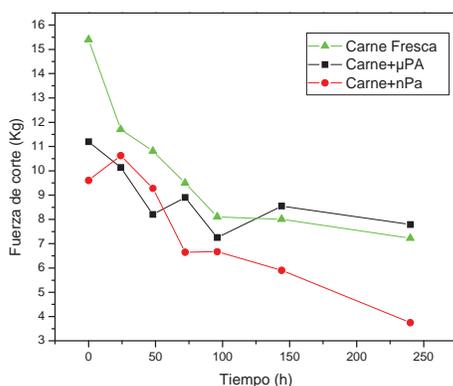


Figura 1. Fuerza de corte (Kg) en función del tiempo (h).

En las Figuras 2, 3 y 4 se presentan espectros de reflectancia en muestras de CF, μ PA e InPA, para diferentes tiempos de almacenamiento. Se puede observar un pico alrededor de 484 nm en todos los espectros. No se observan diferencias

estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para el color durante el tiempo de almacenamiento, los cambios se dan simultáneamente debido al efecto producido por el oxígeno y las mismas condiciones de almacenamiento para las tres muestras.

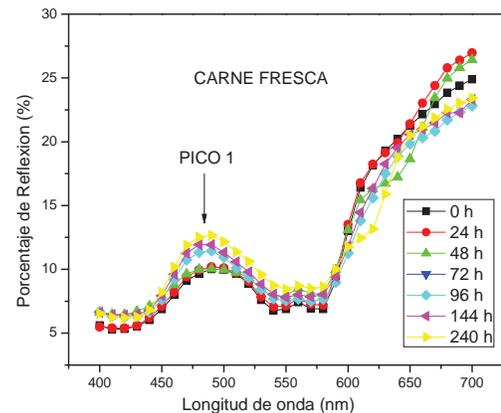


Figura 2. Porcentaje de reflexión en función de la longitud de onda, en carne fresca (CF).

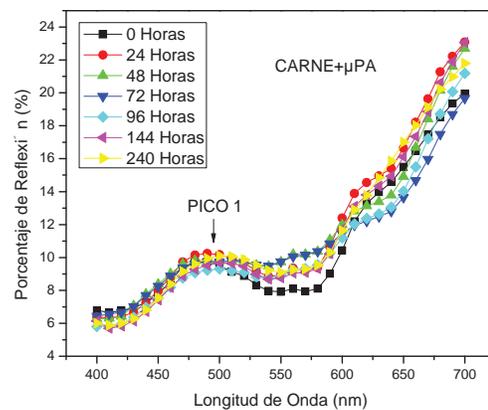


Figura 3. Porcentaje de reflexión en función de la longitud de onda, en muestras de carne impregnadas con μ PA (μ PA).

En la Figura 5 a) se pueden observar las fibras de tejido muscular en color oscuro y las de colágeno en color blanco, imagen que concuerda con lo reportado (Da Silva *et al.*, 2000). En el recuadro b) se puede observar tejido muscular μ PA, las cuales se dispersan por todo el tejido muscular. En los recuadros c) y d) se puede observar en forma de líneas blancas las fibras de colágeno y la aglomeración de nanopartículas de ajo alrededor de las mismas.

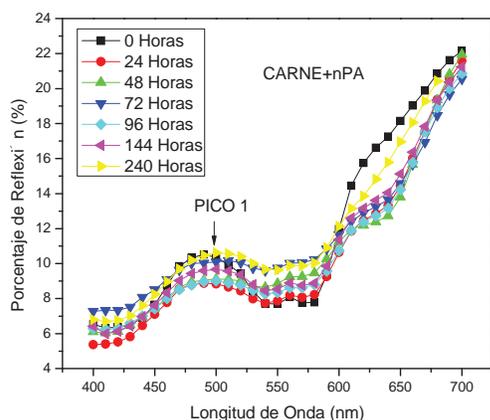


Figura 4. Porcentaje de reflexión en función de la longitud de onda, en muestras de carne impregnadas con nPA (InPA).

Este comportamiento podría atribuir a interacciones electrostáticas y/o fuerzas tipo Van der Waals entre las moléculas de las fibras colágenas y las nPA. La aglomeración de nPA alrededor de las fibras de colágeno influye en el ablandamiento como se observó en la Figura 1.

CONCLUSIÓN

Se encontró que las nanopartículas de ajo aceleran el proceso de maduración de los tejidos musculares, mejorando la terneza de la carne y aportando aroma y sabor. Los resultados sugieren que el polvo de ajo en micropartícula y nanopartícula, no altera el color del tejido muscular de bovino y mejora el ablandamiento de la carne, atributos de calidad exigidos por los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración al grupo de Pos-cosecha de la Universidad del Quindío, donde se realizaron las pruebas de color y textura. A la Universidad Nacional sede Palmira por las medidas en el MET.

BIBLIOGRAFÍA

Chia-Wen, T., W.C. Haw, S. Le-Yen and L.K. Chong. 2012. Garlic: Health benefits and actions. *BioMedicine*. 2(1): 17-29.

Da Silva, A., R. Junqueira, C. Fonseca, S. Rezende e F.A. Maia. 2000. Aspectos macro e microscópicos da fásclata utilizada como substituto autógeno do ligamento cruzado cranial. *Estudo experimental em cães*. *Ciência Rural* 30(2): 275-280.

Han, S.Y., J.L. Eun, M.H. Sun, D.P. Hyun and U.A. Dong. 2011. Addition of garlic or onion before irradiation on lipid

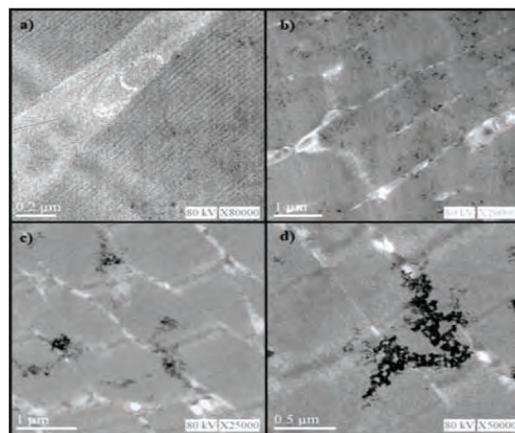


Figura 5. Micrografías de MET del tejido muscular de bovino.

oxidation, volatiles and sensory characteristics of cooked ground beef. *Meat Science*. 88(2): 286-291.

Ledezman, E. and R.R. Castro. 2006. Ajoene, el principal compuesto activo derivado del ajo (*Allium sativum* L.), un nuevo agente antifúngico. *Revista Iberoamericana de Micología*. 23(2): 75-80.

Navarro, M.C. 2007. Posibilidades terapéuticas del bulbo de ajo (*Allium Sativum* L.). *Revista de Fitoterapia*. 7(2): 131-151.

Romero, G. 2003. *Microscopía Electrónica de Transmisión (MET): Área Biomédica: Teoría Y Práctica*. 1 ed. Bogotá D.C. Guadalupe. 285p.

Suet-Yen, S., T.S. Lee, T. Tiam-Ting, B. Soo-Tueen, A.R. Rahmat and W.A.W.A. Rahman. 2014. Control of bacteria growth on ready-to-eat beef loaves by antimicrobial plastic packaging incorporated with garlic oil. *Food Control*. 39: 214-221.

Producción Biotecnológica de Antioxidantes Fenólicos por Fermentación Sumergida y en Medio Sólido.

Biotechnological Production by Submerged and Solid-State Fermentations of Phenolic Antioxidants

Mónica L. Chávez, Juan C. Contreras, R. Rodríguez, Cristóbal N. Aguilar¹

¹ Departamento de Investigación en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza y José Cárdenas Valdés. Colonia República. Saltillo, Coahuila. 25280, México.

Autor de correspondencia: cristobal.aguilar@uadec.edu.mx

Resumen. En este trabajo se describen las diferencias en los perfiles de producción de compuestos fenólicos (moléculas antioxidantes) derivados de la biodegradación fúngica de ácido tánico en dos sistemas de cultivo, la fermentación en estado sólido y sumergida. La biodegradación del galotanino modelo se llevo a cabo empleando la cepa de *Aspergillus niger* GH1. Los cultivos fueron monitoreados por cromatografía de líquidos de alta resolución acoplada a espectrometría de masas (HPLC/MS). Los resultados demostraron perfiles diferentes en la producción de ácido elágico, gálico y sus derivados. El mecanismo controlado de biodegradación de taninos representa una opción atractiva para la producción de antioxidantes mediante la actividad catalítica del hongo en estudio.

Palabras clave: Ácido tánico, biodegradación, fermentación en medio sólido, fermentación sumergida, *Aspergillus niger* GH1.

Abstract. In this study we describe the differences among the production profiles of phenolic compounds (antioxidant molecules) derived from the fungal biodegradation of tannic acid in two culture systems, the submerged and solid-state fermentations. Biodegradation of model gallotannins was carried out using the fungal strain *Aspergillus niger* GH1. Both culture systems were monitored by high performance liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC/MS). Obtained results demonstrated the presence of different profiles in the production of gallic acid, ellagic acid and their derivatives. The controlled mechanism for biodegradation of tannins represents an attractive alternative for the production of antioxidants through the catalytic activity of the fungus in study.

Key words: Tannic acid, biodegradation, solid-state fermentation, submerged fermentation, *Aspergillus niger* GH1.

INTRODUCCIÓN

Los taninos son polifenoles de origen natural, principalmente en forma de metabolitos secundarios de las plantas (Khanbabae y Van Ree, 2001). Los galotaninos son un tipo

de taninos hidrolizables, que se pueden describir como todos los taninos en el que las unidades de galoil están unidos a diversas unidades de polioles. El ácido tánico es un tipo de galotanino (Goel *et al.*, 2011), principalmente es derivado de cortezas de arboles del tipo roble. La biodegradación de ácido tánico o taninos similares sigue siendo poco conocida debido a la complejidad química y reactividad de este tipo de moléculas, pero se sabe que de la biodegradación de los taninos hidrolizables se generan importantes moléculas debido a sus propiedades biológicas (Ajila, *et al.*, 2011). Por lo tanto la comprensión de la vía de biodegradación a través de la identificación de los productos intermedios de moléculas de gran valor es importante para la búsqueda y producción de monómeros bioactivos (Mahendran, *et al.*, 2006). En este estudio se presenta la cinética de la biodegradación fúngica de ácido tánico en dos sistemas de cultivo y las moléculas liberadas se trazaron y se identificaron por HPLC-MS.

MATERIALES Y MÉTODOS

La biodegradación del ácido tánico por *Aspergillus niger* GH1 se estudió en fermentación sumergida (SF) y en fermentación en estado sólido (SSF). Ambos cultivos se llevaron a cabo a 30°C usando el medio Czapek Dox y un inóculo de 1106 esporas por reactor. Para la SSF se empleó una humedad del 30% y espuma de poliuretano como soporte del crecimiento fúngico. A cada tiempo de muestro (12h) se obtuvo un extracto crudo que fue filtrado a través de membranas de nylon de 0.45mm para ser llevado al análisis por cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (HPLC-MS) en una columna C18. Ambos cultivos se monitorearon cinéticamente para los perfiles de biodegradación durante 72h. La selección del ácido tánico a emplear como sustrato del cultivo fúngico se llevó a cabo después de analizar diferencias cromatográficas entre cuatro muestras comerciales de ácido tánico. El análisis del consumo de sustrato se llevó a cabo por análisis espectral UV-VIS. La separación de compuestos se llevó a cabo por

HPLC y la identificación de los compuestos intermedios de biodegradación por MS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mecanismo de degradación del ácido tánico por *A. niger* GH1 es dependiente del peso molecular del galotanino en estudio. Se demostró que un tanino altamente polimerizado puede ser llevado hasta pequeñas moléculas como el ácido gálico, la trigaloil glucosa y digaloil glucosa. Reacciones subsecuentes a la hidrólisis pueden promover la formación de enlaces de acoplamiento que pueden llevar a la generación de dilactonas, del tipo ácido elágico. Una mayor capacidad de biodegradación se detectó en la SSF. Para la SmF la producción de ácido gálico fue mayor, mientras que para la SSF la acumulación de ácido elágico fue mayor. Este estudio demostró que el perfil de hidrólisis ácido tánico es el mismo en ambos sistemas de fermentación pero con diferente tiempo de captación de sustrato y la liberación del producto.

CONCLUSIÓN

A. niger GH1 es un hongo capaz de biodegradar el ácido tánico con el mismo perfil de hidrólisis en ambos sistemas de cultivo probados hasta la generación de compuestos monoméricos de valor comercial por su capacidad antioxidante, entre ellos el ácido elágico y el ácido gálico.

Actividad Enzimática del Pericarpio de Calabacín Verde (*Curcubita pepo medullosa*): Estudio Preliminar Comparando dos Métodos para la Ruptura de Pared Celular

Enzymatic Activity of Green Zucchini (*Cucurbita pepo medullosa*) Pericarp: Preliminary Study Comparing Two Methods for Cell Wall Rupture

Jeyson G. Perenguez Verdugo¹, Margarita M. Andrade-Mahecha²

1 Estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. jgperenguezv@unal.edu.co

2 Profesora Asociada, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. mmandradem@unal.edu.co

Resumen Se comparó la actividad enzimática (AE) del ascorbato oxidasa (E.C. 1.10.3.3) utilizando dos métodos de extracción diferentes: hidrólisis enzimática con celulasas a 300ppm y tratamiento mecánico; seguido de procesos de purificación de proteínas. Se encontró diferencia en la actividad enzimática final para el material del tratamiento enzimático (62,721 U/mg) y para el tratamiento mecánico, 15,36 U/mg. Los resultados obtenidos en este estudio se presentan como una técnica alternativa para la extracción de macromoléculas activas de interés en la industria agroalimentaria.

Palabras clave: Ascorbato oxidasa, celulasas, *Cucurbita pepo medullosa*

Abstract. Enzymatic activity (EA) of ascorbate oxidase (EC 1.10.3.3) was compared for two different extraction methods: (1) enzymatic hydrolysis with cellulose (300ppm) and (2) mechanical treatment, it followed by protein purification processes. Differences were found on the final enzyme activity for the enzymatic pretreatment (63.005U/mg) and for mechanical treatment, (15.177 U / mg). The results obtained

in this study are presented as an alternative for the extraction of active macromolecules of interest in the food industry.

Keywords: *Ascorbate oxidase, cellulases, Cucurbita pepo medullosa*

INTRODUCCIÓN

La ascorbato oxidasa (AO) es una enzima que cataliza la oxidación del ácido ascórbico en presencia de oxígeno molecular a ácido dehidroascorbato (Balestrini *et al.*, 2012). Se encuentra principalmente en hortalizas, especialmente en las que pertenecen a la familia *Cucurbitácea* como el pepino, calabacín, zapallo, melón, etc. (Porto *et al.*, 2006). La mayor presencia de esta enzima es en la cáscara del calabacín verde (Lin and Varner., 1991).

Los procesos de extracción de enzimas intracelulares de origen vegetal requieren de operaciones mecánicas, donde se genera la mayor pérdida de actividad catalítica, dado que existe cizalla, aumento de temperatura y formación de espuma (Yu *et al.*, 2009). Entre estas operaciones se incluye la molienda, el tratamiento mecánico, rallado, prensado, entre otras.

Entre las alternativas para obtener un extracto con mayor actividad catalítica está el ultrasonido, la molienda criogénica e hidrólisis enzimática (Yu *et al.*, 2009), esta última tiene ventajas energéticas, por tanto los costos de operación son menores.

Este trabajo compara la actividad del ascorbato oxidasa extraída de *Cucurbita pepo medullosa* empleándose hidrólisis enzimática y tratamiento mecánico como métodos para la ruptura de la pared celular.

MATERIALES Y MÉTODOS

El calabacín verde (*Cucurbita pepo medullosa*) fue utilizado como fuente de ascorbato oxidasa al que se retiró el pericarpio a un espesor de 3 mm y se dividió en partes iguales. Una mitad se llevó a una extractora de jugos, obteniendo un extracto crudo por método mecánico. La otra mitad fue troceada y macerada manualmente manteniéndose a una temperatura de 4°C y adicionando buffer acetato pH 4,8 a 0,1M, para dar condiciones de pH óptimo a 300ppm de Celluclast 1.5L producido por *Trichoderma reesei* (Novozymes A/S, Bagsværd, Denmark), dejándolo 1 hora de actividad a 37°C. Posterior a ello, se filtró obteniéndose un extracto crudo por método enzimático. Seguidamente, cada extracto fue sometido a centrifugación (3000rpm /15 min). Para realizar la precipitación de proteínas en el sobrenadante, se adicionó sulfato de amonio hasta llegar al 60% de saturación, dejándolo actuar por 30 min en agitación orbital. Después de centrifugación (5000 rpm /15

min) el sobrenadante fue descartado y se realizó al precipitado, la adición fraccionada de acetona (grado analítico) a -17°C antes de ser nuevamente centrifugado a 5000rpm /10 min. El precipitado resultante fue sometido a diálisis fraccionada en presencia de solución buffer acetato 0,1M a pH 5,6 por 24 horas, obteniéndose finalmente un extracto proteico por extracción enzimática (EPe) y otro, por extracción mecánica (EPm). Estos extractos fueron almacenados en solución buffer acetato 0,1M a pH 5,6 a 4°C, y su actividad enzimática (AE) fue determinada en el día 0 y a los 120 días.

El extracto proteico fue microfiltrado con una membrana de celulosa de 0,45µm, posteriormente la AE se determinó siguiendo la metodología reportada por Chauhan *et al.*, (2010) con modificaciones menores. La medición se realizó por espectrofotometría a una longitud de onda de 265 nm. La actividad enzimática se calculó de acuerdo a la ecuación 1:

Actividad enzimática (U/mg proteína)

$$= \frac{\Delta \text{abs}}{t} \times \frac{Vt}{\epsilon \times Vm} \times Fd$$

Dónde: Δabs = absorbancia de la muestra; t = tiempo en min; Vt = volumen total; Fd = Factor dilución; ϵ = coeficiente de extinción molar; Vm = cantidad de enzima.

Se utilizó un diseño experimental aleatorizado, realizando duplicado para cada medición. Se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0,05$) empleando el software SPSS Versión 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La actividad enzimática del EPe fue mayor que el EPm, aumentando el factor de extracción (FE), incluso después de 120 días de almacenamiento, la AE de EPe fue mayor que la de EPm como se evidencia en la Tabla 1. Estos resultados se pueden comparar con los factores de purificación (PF) obtenidos por Rojas, (2009), donde utiliza técnicas finas de purificación y solo logra obtener valores de PF por debajo de 2,0. Esto determina una mayor obtención de enzima activa y mayor rendimiento al utilizar procesos de extracción por métodos bioquímicos.

Las células vegetales contienen entre un 20 y 30% de celulosa, la cual es un polímero estructural de la pared celular. Al adicionar celulosas a condiciones óptimas de actividad (pH 4,8 y 37°C) se favorece la ruptura celular sin que exista algún tipo de acción mecánica o térmica adversa en los compuestos de interés, como ha sido la obtención de polisacáridos, aceites

con alto poder antioxidante (Heiss-Blanquet *et al.*, 2011). Además, reduciría costos de operación, ya que emplea tiempos cortos, con alta calidad y cantidad del producto intracelular.

Tabla 1: Actividad enzimática de ascorbato oxidasa (AO) de los extractos proteicos en función del tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento	EPe	EPm	FE
Día 0	63,005 + 0,402a	15,177 + 0,259c	4,1513
Día 120	27,281 + 0,74b	-	1,797

EPe: Extracto proteico por extracción enzimática EPm: Extracto proteico por extracción mecánica calculado con respecto al día 0 de EPm

CONCLUSIÓN

La extracción de AO con celulasas se presenta como una técnica alternativa para la liberación de enzimas intracelulares de origen vegetal, la enzima posee gran interés en la industria agroalimentaria y en técnicas analíticas de medición, además de ser una metodología amigable y de gran relevancia en la industria farmacéutica.

Caracterización de Películas Comestibles Bicapa (Quitosano-Alginato) con Nanoemulsiones de Aceite de Sacha Ichi (*Plukenetia Volubilis*)

Edible Bi-Layer Films (chitosan- alginate) With Nanoemulsion of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) Oil Characterization.

Fabián Andrés Velasquez¹, Daniel Alexander Méndez Reyes², Juan Pablo Quintero-Cerón³, Henry Alexander Váquiro Herrera⁴ y José Fernando Solanilla Duque⁵.

1 Estudiante de pregrado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Tolima. Tolima, Colombia. favelasquez01@hotmail.com

2 Investigador asociado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Tolima. Tolima, Colombia. damendezre@ut.edu.co

3 Estudiante de maestría. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Tolima. Tolima, Colombia. jpquintero@ut.edu.co

4 Profesor asistente. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima. Tolima, Colombia. havaquiro@ut.edu.co

5 Docente asociado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Tolima, Tolima, Colombia. jfsolanilla@ut.edu.co

Resumen. Este trabajo se interesó en evaluar películas bicapa elaboradas con hidrocoloides de carga eléctrica opuesta (quitosano y alginato de sodio), con la adición de nanoemulsiones elaboradas con la técnica de temperatura de inversión de fase y caracterizadas por microscopía de fuerza atómica. El color de las películas fue evaluado mediante colorimetría triestímulo usando espacio de color CIE Lab. El

diámetro de partícula de las nanoemulsiones estuvo entre 100 a 220nm. La adición de quitosano y la nanoemulsión afectaron significativamente el color de las películas, reduciendo la luminosidad entre un 5 y 9%.

Palabras clave: AFM, colorimetría, surfactante, temperatura de inversión de fase.

BIBLIOGRAFÍA

- Balestrini, R., T. Ott, M. Güther, P. Bonfante, M.K. Udvardi and M.C. De Tullio. 2012. Ascorbate oxidase: the unexpected involvement of a "wasteful enzyme" in the symbioses with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Physiology and Biochemistry* 59(1): 71–79.
- Chauhan, N., T. Dahiya and C.S. Pundir. 2010. Fabrication of an amperometric ascorbate biosensor using egg shell membrane bound *Lagenaria siceraria* fruit ascorbate oxidase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 67(1-2): 66–71.
- Heiss-Blanquet, S., D. Zheng, N.L. Ferreira, C. Lapiere and S. Baumberger. 2011. Effect of pretreatment and enzymatic hydrolysis of wheat straw on cell wall composition, hydrophobicity and cellulase adsorption. *Bioresource Technology* 102(10): 5938–5946.
- Lin, L.S. and J. Varner. 1991. Expression of ascorbic acid oxidase in zucchini Squash (*Cucurbita pepo* L.). *Plant Physiology*, 93(1): 159-165.
- Porto, T.S., C.S. Porto, M.T.H. Cavalcanti, J.L. Lima Filho, P. Perego, A.L.F. Porto, and A. Pessoa. 2006. Kinetic and thermodynamic investigation on ascorbate oxidase activity and stability of a *Cucurbita maxima* extract. *Biotechnology Progress* 22 (6): 1637–1642.
- Rojas, V.R. 2009. evaluación de métodos de extracción y purificación de enzimas pectinolíticas obtenidas por fermentación en estado semisólido del *Aspergillus niger*. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Procesos. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad Eafit. Medellín. 59p
- Yu, G., P. He, L. Shao, and Y. Zhu. 2009. Enzyme extraction by ultrasound from sludge flocs. *Journal of Environmental Sciences* 21(2): 204–210.

Abstract. This work aimed to evaluate bi-layer films made from hydrocolloids with opposite electric charge (chitosan and sodium alginate) with addition of nanoemulsions prepared by phase inversion temperature method and characterized using atomic force microscopy. The color of films was assayed by tristimulus colorimetry using the CIELab color space. The particle diameter of nanoemulsions was found in the range 100 to 220 nm. Chitosan and nanoemulsion addition significantly affected film color values reducing the luminosity among 5 and 9 %.

Key words: AFM, colorimetry, surfactant, phase inversion temperature.

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de métodos para la conservación de propiedades organolépticas, físicas y químicas durante el almacenamiento de alimentos, ha generado diferentes películas y recubrimientos comestibles que reduzcan el impacto sobre el producto (Debeaufort *et al.*, 2000). Las películas bicapa, cuentan con la ventaja que sus componentes forman estructuras específicas, y con aditivos como plastificantes, colorantes, antipardeantes, antimicrobianos y saborizantes, producen películas con mejores bondades para la protección de alimentos (Falguera *et al.*, 2011, García *et al.*, 2000).

Las nanoemulsiones (NE), son partículas de tamaño entre los 20 a 300 nm con un gran potencial en diferentes aplicaciones (Anton y Vandamme, 2009). Su formación se puede dar por métodos de alta o baja energía, esta última se beneficia de la relación intrínseca entre el surfactante, co-surfactante y excipientes de la formulación para la producción de la NE. El método de temperatura de inversión de fase (TIF) provoca que el surfactante no iónico se solubilice en la fase oleosa que al someterse posteriormente a una dilución rápida con agua provoca la formación de la NE (Anton *et al.*, 2009). El objetivo de este trabajo consistió en la evaluación de la NE a partir de aceite de sacha inchi y su interacción física con películas bicapa elaboradas a base de quitosano (Q) y alginato de sodio (AS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó Q de bajo peso molecular 50-160 Da (grado de deacetilación 75-85%) (Sigma aldrich, China), AS, ácido acético grado alimentario (CIMPA S.A.S, Colombia), glicerina (U.S.P 99,5%), Tween 80 (Colony, Colombia), y aceite de sacha inchi.

Elaboración de nanoemulsiones. Las nanoemulsiones (NE) se elaboraron con la metodología descrita por Anton y

Vandamme, (2009) con una relación solvente aceite (RSA) (g surfactante/(g surfactante + g aceite)) de 80%.

Elaboración de las películas bicapa. Se prepararon soluciones de Q al 0,5 1,0 y 1,5% (p/v) en solución acuosa de ácido acético a 1% (v/v), y soluciones de AS a concentraciones de 0,2 y 1,0% (p/v) con glicerol a igual proporción a 40°C todas con agitación magnética y filtrado al vacío. Las soluciones de Q se dividieron en dos grupos a uno de ellos se le adicionó la NE elaborada. La película bicapa se elaboró agregando las soluciones de AS a razón de 0,33 g cm⁻² en cajas de petri, (25 ± 3°C y 50% HR), a la película seca de AS se adicionaron las diferentes soluciones de Q con NE a relación 3:1 (PB-N) y sin NE (PB-B) a igual razón.

Caracterización nanoemulsión. La caracterización se realizó por microscopía de fuerza atómica (AFM). (Nanosurf easyscan 2, Suiza), La muestra se diluyó en agua desionizada (1:10), se tomaron 4µL y secaron sobre una mica (25±3°C y 50% HR). El barrido de la superficie se realizó con un cantilever tipo contacto en modo de operación fuerza estática.

Parámetros colorimétricos. Los valores en el espacio de color CIE Lab de las películas se obtuvieron con un colorímetro CR-410 (Konica Minolta CO., Japón) en quintuplicado sobre puntos aleatorios de la película de acuerdo a lo planteado por Chillo *et al.*, (2008).

Análisis estadístico. Los valores fueron analizados mediante ANOVA y con diferencia de medias analizada por LSD de Fisher a un nivel de significancia del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización nanoemulsiones. Las imágenes obtenidas mediante AFM mostraron la formación de NE con diámetro de entre los 100 a 220 nm por partícula (Figura1), lo que permite

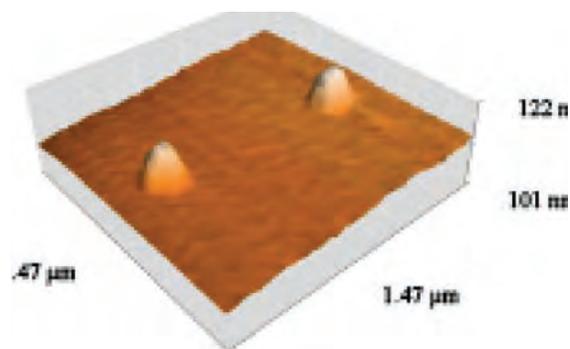


Figura 1. Imágenes AFM de NE elaboradas con aceite de sacha inchi y Tween 80.

Tabla 1. Parámetros colorimétricos de películas bicapa con y sin nanoemulsiones.

Tratamiento (% (p/v))	L	a	b
	Películas bicapa sin NE		
A0,2 Q0,5	94,81h ±0,3	-0,91b ±0,1	6,34a ±0,5
A0,2 Q1,0	94,16fgh ±0,4	-1,28ab ±0,1	9,03b ±0,8
A0,2 Q1,5	93,38f ±0,3	-1,69a ±0,1	12,14c ±0,1
A1,0 Q0,5	94,59gh ±0,1	-0,97b ±0,1	6,81a ±0,5
A1,0 Q1,0	93,72fg ±0,4	-1,33ab ±0,1	9,15b ±0,3
A1,0 Q1,5	93,17f ±0,4	-1,77a ±0,1	12,69cd±0,7
Películas bicapa con NE			
A0,2 Q0,5	89,87e ±0,3	1,61de ±0,3	13,76 d ±0,9
A0,2 Q1,0	84,85bc ±0,6	4,71f ±0,5	19,66e ±1,1
A0,2 Q1,5	85,37cd ±0,8	2,23e ±0,6	20,44e ±1,2
A1,0 Q0,5	86,06d ±0,9	0,69c ±0,5	22,00f ±1,4
A1,0 Q1,0	82,94a ±1,7	1,93de ±1,0	24,30g ±1,9
A1,0 Q1,5	84,29b ±1,2	1,47d ±0,8	24,84g ±0,8

Los superíndices iguales en las columnas, no presentan diferencia mínima significativa.

afirmar la efectividad del método TIF en aceite de sacha inchi con el surfactante Tween 80 y una RSA de 80%. Tamaños de partículas similares, fueron reportados por Anton y Vandamme (2009), con RSA similares, diferente surfactante y cuantificados por dispersión dinámica de luz.

Las películas bicapa con Q, AS y NE mostraron afinidad entre sus componentes. Sin embargo, las películas a concentraciones de AS 0,2 y 1,0% (p/v) con Q 0,5% (p/v) se vieron afectadas por la migración de las NE a la superficie de la película debido a que en presencia de Q (0,5% (p/v)) reduce la capacidad de retener las NE en la estructura (García *et al.*, 2000).

Colorimetría. De acuerdo a los valores de color en la Tabla 1. todas las películas se encontraron en el rango amarillo-verdoso. También, se observó un incremento de b que fue proporcional a la concentración de Q (Chillo *et al.*, 2008). Del mismo modo, la incorporación de NE a la película disminuyó significativamente los valores de L respecto a las películas sin NE, debido al efecto de las NE y el surfactante (Valenzuela *et al.*, 2013), al cambiar el color de las películas, resultando más opacas.

CONCLUSIÓN

La elaboración de la NE fue satisfactoria. Las películas bicapa de AS y Q mostraron afinidad al formar matrices continuas, uniformes y visualmente aceptables, no obstante, la adición de NE afectó significativamente los parámetros colorimétricos, además se observó la migración de NE a la superficie de las películas con menor concentración de quitosano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al equipo de Tecnoparque nodo la granja del SENA Regional Tolima - Espinal por apoyar con las instalaciones de trabajo de investigación y asistencia técnica.

BIBLIOGRAFIA

- Anton, N. and T.F. Vandamme. 2009. The universality of low-energy nano-emulsification. *Int J Pharm.* 377(1-2):142-147.
- Chillo, S., S. Flores, M. Mastromatteo, A. Conte, L. Gerschenson and M.A. Del Nobile. 2008. Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering.* 88(2): 159-168.
- Debeaufort, F., J.A. Quezada, B. Delporte, and A. Voilley. 2000. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. *Journal of Membrane Science.* 180(1): 47-55.
- Falguera, V., J.P. Quintero, A. Jiménez, J. Aldemar and A. Ibarz. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology.* 22(6): 292-303.
- García, M.A., M.N. Martino and N.E. Zaritzky. 2000. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *Journal of Food Science.* 65(6): 941-944.
- Valenzuela, C., L. Abugoch, and C. Tapia. 2013. Quinoa protein-chitosan-sunflower oil edible film: Mechanical, barrier and structural properties. *LWT - Food Science and Technology.* 50(2): 531-537.

Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas de Gelatina con Refuerzo de Nanofibras de Celulosa

Water Vapor Permeability of Nanocellulose-Reinforced Gelatin-Based Films

Ricardo D. Andrade¹; Olivier Skurtys²; Fernando Osorio³

- 1 Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, rdandrade@correo.unicordoba.edu.co
- 2 Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- 3 Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

Resumen. En este trabajo se evaluó la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de gelatina, glicerol y nanofibras de celulosa (NFC). Las formulaciones utilizadas presentaban una concentración de 0,8; 1,5 y 2,2% m/v de gelatina; 10; 20 y 30% m/m de glicerol, y 1; 3 y 5% m/m de NFC. La permeabilidad al vapor de agua fue determinada por el método gravimétrico a 22°C. Los resultados muestran que un incremento en la concentración de gelatina y glicerol hace que la película sea más permeable al vapor de agua, mientras que un aumento en la concentración de NFC reduce esta propiedad.

Palabras clave: Películas comestibles, propiedades barreras, método gravimétrico.

Abstract. In this work, the effect of cellulose nanofibers (CNFs) and glycerol concentrations on the water vapor permeability of gelatin-based films was evaluated. Formulations were prepared at gelatin concentrations of 0.8; 1.5 and 2.2% w/v, glycerol concentration varied between 10 and 30% w/w based on gelatin, and NFC concentration varied between 1 and 5% w/w based on gelatin. The water vapor permeability was determined by the gravimetric method at 22 °C. The results show that an increase in the concentration of gelatin and glycerol makes the film more permeable to water vapor, while an increase in the concentration of CNFs reduces this property.

Key words: edible film, barrier properties, gravimetric method.

INTRODUCCIÓN

Las películas comestibles se elaboran de una gran variedad de biopolímeros: polisacáridos, proteínas y lípidos. Las películas a base de proteínas suelen ser quebradizas y poco flexibles por lo que requieren la adición de plastificantes (Gennadios *et al.*, 1994). Las películas de gelatina tienen buenas propiedades mecánicas. Sin embargo, presentan una pobre barrera al vapor de agua debido a su naturaleza hidrofílica. Diferentes alternativas se han utilizado para mejorar esta propiedad, como la adición de lípidos y nanocompuestos.

Las nanofibras de celulosa (NFC) es utilizada como material de refuerzo, debido a que forma una red conectada por enlaces de hidrógeno. Varios investigadores han informado que la adición de NFC mejora las propiedades de barrera en películas a base de quitosano (Azeredo *et al.*, 2010), y Pululano (Trovatti *et al.*, 2012). En esta investigación se evaluó la influencia de la concentración de gelatina, glicerol y nanofibra de celulosa sobre la permeabilidad al vapor de agua en películas comestibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de las películas comestibles. La gelatina de piel bovina Tipo B de 180 Bloom (Rousselot, Brasil) se hidrató a 20 ± 2 °C durante 30 minutos y después se calentó a 50°C durante 30 minutos con agitación continua hasta disolución completa. Posteriormente se adicionó glicerol y NFC, y la mezcla se sometió a sonicación durante 30 minutos en un baño sonicador Modelo Branson 2210 (Branson, USA). Las concentraciones utilizadas fueron: 0,6; 1,3 y 2 %m/v de gelatina; 10; 15 y 20 %m/m de glicerol, y 1; 3 y 5 %m/m de NFC. Las películas comestibles se realizaron por el método "casting" a 22°C. Una vez formada la película, ésta se desmoldó y acondicionó durante 4 días en recipiente hermético que contenía sílica (Humedad relativa ≈ 0 %). El espesor de las películas se midió con un micrómetro digital (Mitutoyo, Japón). La tasa de transmisión de vapor de agua (TVA) y la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinaron gravimétricamente a 22°C, según método propuesto por Gontard *et al.*, (1993) y los valores corregidos de acuerdo a la metodología propuesta por Gennadios *et al.*, (1994).

Diseño y análisis estadístico. Para evaluar el efecto de la concentración de gelatina, glicerol y nanofibras de celulosa, sobre la permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles, se utilizó un diseño de Box-Behnken. Para el análisis del diseño se utilizó JMP 9.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de tasa de transmisión de vapor de agua (TVAm) subestiman los valores reales de TVAc, presentando errores del 18 al 37% (Tabla 1). La PVA fue inferior o similar a los reportados para películas de gelatina con plastificantes hidrófilos: $15,0 - 26,4 \times 10^{-11}$ g/m.s.Pa (Thomazine *et al.*, 2005) y $12,2 - 34,2 \times 10^{-11}$ g/m.s.Pa (Jongjareonrak *et al.*, 2006). De acuerdo al ANOVA con un nivel de confianza del 95 %, la permeabilidad al vapor de agua se ve influenciada significativamente por los efectos lineales: gelatina ($p = 0,0038$), glicerol ($p = 0,0211$) y NFC ($p = 0,0214$) y por el efecto cuadrático concentración de gelatina ($p = 0,0240$).

Tabla 1. Permeabilidad al vapor de agua de películas a base de gelatina-glicerol-NFC.

Concentración			TVAm X 103 g/m ² s	TVAc X 103 g/m ² s	Error, %	PVA X 1011 g/m.s. Pa
G	g	NFC				
2,2	20	5	3,08	3,79	18,7	9,05
0,8	30	3	4,66	6,54	28,8	8,95
1,5	30	5	3,42	4,32	20,9	8,11
1,5	20	3	4,40	6,77	35,0	11,50
1,5	30	1	4,36	5,97	26,9	11,50
1,5	20	3	4,13	6,17	33,0	11,70
2,2	20	1	4,07	5,42	25,0	12,69
2,2	10	3	2,85	3,67	22,4	8,39
1,5	10	5	3,07	3,76	18,6	7,03
0,8	20	5	3,75	5,35	29,8	5,15
2,2	30	3	3,52	4,48	21,5	12,15
1,5	10	1	3,92	5,71	31,2	11,47
0,8	10	3	3,42	4,69	27,1	3,81
1,5	20	3	4,62	7,32	36,9	12,2
0,8	20	1	4,58	6,39	28,3	8,23

G: gelatina g: glicerol NFC: nanofibra de celulosa

En la Figura 1 se presenta la superficie de repuesta del comportamiento de la permeabilidad al vapor de agua de las películas comestibles a base de gelatina. Un aumento en la concentración de gelatina desde 0,8 al 2,2% m/v ocasiona un aumento del 150 % en la PVA, lo cual se puede deber a hinchazón de la película debido a cambios entre las fuerzas de atracción entre la gelatina y el agua, ocasionando diferentes estructuras en la película. Por otra parte, el aumento de la concentración de glicerol (10 al 30 %m/m) incrementa la PVA en un 31 %. La adición de glicerol ocasiona una reorganización de la red formada por la proteína, disminuyendo las fuerzas de atracción intermoleculares y aumentando el volumen libre y

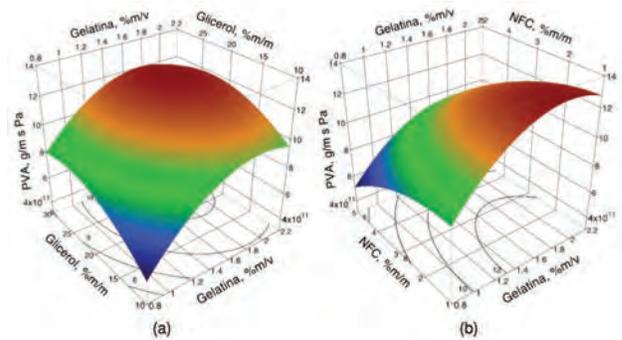


Figura 1. Superficie de repuesta de la permeabilidad al vapor de agua de las películas como función de (a) gelatina y glicerol, (b) gelatina y nanofibra de celulosa.

la movilidad de las cadenas, lo que incrementa el coeficiente de difusión del agua. Finalmente, la adición de NFC desde el 1 al 5 % m/m, causa una disminución en la PVA del 32%, lo cual concuerda con lo reportado para películas de alginato (Azeredo *et al.*, 2012), y quitosano (Azeredo *et al.*, 2010). Esto podría ser causado debido a la interacción entre NFC y los sitios hidrófilos de la gelatina, además la NFC presentan baja higroscopicidad. Además, la presencia de fibras cristalinas aumenta la tortuosidad lo que ocasiona procesos de difusión más lentos y una menor permeabilidad.

CONCLUSIÓN

La permeabilidad al vapor de agua se ve influenciada por la concentración de gelatina, glicerol y NFC. Un aumento en la concentración de gelatina y glicerol aumenta la PVA; sin embargo, la adición de NFC a la matriz de gelatina ocasiona una disminución del 32 % en la PVA.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al proyecto 1130587 FONDECYT y O.S agradece al proyecto 1120661 FONDECYT por el apoyo financiero.

BIBLIOGRAFÍA

- Azeredo, H., L. Mattoso, R. Avena-Bustillos, G. Filho, M. Munford, D. Woodand and T. McHugh. 2010. Nanocellulose reinforced chitosan composite films as affected by nanofiller loading and plasticizer content. *Journal of Food Science*, 75(1):N1–N7.
- Azeredo, H., K. Miranda, H. Ribeiro, M. Rosa and D. Nascimento. 2012. Nanoreinforced alginate–acerola puree coatings on acerola fruits. *Journal of Food Engineering*, 113(4):505–510.
- Gennadios, A., T. McHugh, C. Weller and J. Krochta, J. 1994. *Edible coatings and films based on proteins*. pp.

201–277. En: Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo (Eds.). Edible coatings and films to improve food quality. Technomic Publishing Company, Lancaster.

Gontard, N., S. Guilbert and J. Cuq. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of food Science*, 58(1):206–211.

Jongjareonrak, A., S. Benjakul, W. Visessanguan, T. Prodpran and M. Tanaka. 2006. Characterization of edible films from skin gelatin of brown stripe red

snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocolloids*, 20 (4): 492–501.

Thomazine, M., R. Carvalho and P. Sobral. 2005. Physical properties of gelatin films plasticized by blends of glycerol and sorbitol. *Journal of Food Science*, 70(3):E172–E176.

Trovatti, E., S. Fernandes, L. Rubatat, D. Perez, C. Freire, A. Silvestre and C. Neto. 2012. Pullulan–nanofibrillated cellulose composite films with improved thermal and mechanical properties. *Composites Science and Technology*, 72(13): 1556–1561.

Películas Poliméricas Reforzadas con Nanopartículas de Polvo de Ajo

Films Reinforced Polymer Nanoparticles Garlic Powder

Kelly Johana Figueroa López¹; Olga Lucia Torres Vargas²; Jhon Jairo Prías Barragán³ y Hernando Ariza Calderón⁴

1 Ingeniera de Alimentos, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia. kfigueroal@uqvirtual.edu.co

2 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia. oltorres@uniquindio.edu.co

3 Profesor Titular, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Programa de Instrumentación en Electrónica, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia. jjprias@uniquindio.edu.co

4 Director del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío Carrera 15 Calle 12 Norte, Tel.: + 57 (6) 7359300 – 7460100, A.A. 2639 Armenia, Colombia. heariza@uniquindio.edu.co

Resumen. Presentamos una alternativa de películas poliméricas elaboradas a partir de materiales biodegradables, las cuales han surgido como una opción frente a la necesidad de sustituir materiales derivados del petróleo usados para la elaboración de envases y que han generado un gran impacto ambiental. Las películas poliméricas fueron elaboradas a partir de colágeno hidrolizado, sorbitol y reforzadas con nanopartículas y micropartículas de polvo de ajo. Se hallaron las concentraciones mínimas inhibitorias y bactericidas de los polvos de ajo en *Escherichia coli* de referencia y el grado de toxicidad en línea celular VERO; estas mismas concentraciones fueron utilizadas para incorporar en la matriz polimérica. La caracterización de las películas poliméricas se llevó a cabo empleando la espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier y rayos X. La aplicación de estas películas se realizó en carne de bovino. Los resultados obtenidos muestran que las nanopartículas inhiben el crecimiento de la *E. coli* a una concentración menor que las micropartículas; las nanopartículas son tóxicas a mayores concentraciones que las micropartículas de polvo de ajo, además ayudan a la conservación de la carne por medio de las películas poliméricas.

Palabras clave: CMI, CMB, conservación, carne.

Abstract. An alternative in polymer films made from biodegradable materials, which have emerged as an option to the need to replace petroleum-based materials used for

packaging manufacturing because of their large environmental impact is presented. The polymer films were prepared from hydrolyzate collagen, sorbitol and then they were reinforced with garlic powder nanoparticles and microparticles. minimum inhibitory and bactericidal concentrations of garlic powder in reference *Escherichia coli* and toxicity degree in VERO cell line were determined; these same concentrations were incorporated into the polymer matrix. Polymer films characterization was carried out using the Fourier transform infrared and X-ray spectroscopy. These films were used in beef. The results show that nanoparticles inhibit the growth of *E. coli* in a lower concentration than microparticles, besides, nanoparticles are toxic at higher concentrations than the garlic powder microparticles and they help to preserve the meat when it is inside the polymeric films.

Key words: MIC, MBC, conservation, meat.

INTRODUCCIÓN

Las películas poliméricas y recubrimientos se han utilizado para la protección antimicrobiana y el mantenimiento del sabor de los alimentos por medio de incorporación de sustancias activas y así extender la vida útil de los alimentos, retardando el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias durante el almacenamiento. Dentro de los aditivos naturales que se han venido utilizando recientemente, se encuentra el ajo (*Allium sativum*) con propiedades antimicrobianas (Pascall y Shin-

Jie, 2013). El objetivo de este trabajo fue lograr conservar la carne por medio de películas poliméricas reforzadas con nanopartículas de polvo de ajo (nPA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las nanopartículas de polvo de ajo fueron obtenidas por procesos de reducción de tamaño (macerado y tamizado). La determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) se realizó siguiendo el método clásico de micro-dilución en placa (Lorian, 1996). Se prepararon soluciones desde 50 hasta 0,05 mg/mL de micropartículas de polvo de ajo (μ PA) y nPA en agua esterilizada y las bacterias utilizadas fueron *Escherichia coli* de referencia; así mismo, se determinó la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 480 nm.

Para hallar la concentración mínima bactericida (CMB) se tomaron 10 μ L de los pozos donde no se presentó crecimiento viable de bacterias, se inocularon en platos con agar Muller Hilton y se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Este mismo proceso se utilizó para la actividad citotóxica. El material biológico usado en esta prueba fue línea celular VERO de riñón de mono verde y medio de cultivo Dulbecco Mem (DMEM). En la caracterización de las películas poliméricas se utilizaron las técnicas de difracción de rayos X y FTIR. Las películas poliméricas fueron utilizadas en el recubrimiento de muestras de lomo de res y su conservación se determinó por medio de una tinción de Gram. Los análisis de los resultados se realizaron con el software Origin pro 8.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para el caso de la CMI, se encontró que las nPA inhiben el crecimiento de la *E. coli* a partir de la concentración de 12,5 mg/mL, mientras que las μ PA inhiben el crecimiento a partir de 25 mg/mL. Como se puede observar en la Figura 1. Referente a la CMB, se encontró que las nPA inhiben totalmente el crecimiento de la *E. coli* a partir de 25 mg/mL, mientras que las μ PA a partir de 50 mg/mL.

Para la prueba citotóxica, se encontró que las nPA empiezan a ser tóxicas a partir de 50 mg/ml y las μ PA a partir de 6,25 mg/ml en células VERO como se observa en la Figura 2.

En la Figura 3 se presentan los difractogramas de rayos X del colágeno hidrolizado (CH), de las nPA y de las películas poliméricas reforzadas con nPA. Se observa que el CH presenta dos picos ensanchados entre 5 y 20° que concuerda con lo reportado por Sifuentes et al., (2012), mientras que las nPA presentan un solo pico muy ensanchado alrededor de 20°. Asimismo, a medida que se aumenta la concentración de nPA en la matriz polimérica, el pico de estos espectros

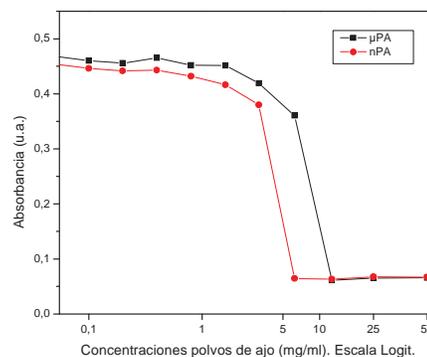


Figura 1. Concentración mínima inhibitoria de las nPA y μ PA.

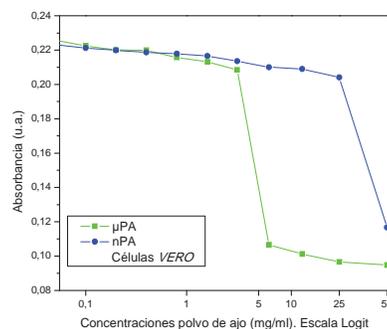


Figura 2. Citotoxicidad de las nPA y μ PA.

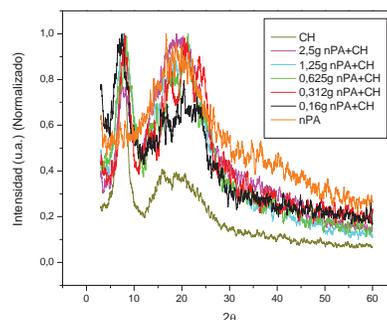


Figura 3. Difractogramas películas poliméricas reforzadas con nPA

relacionado con el pico de las nPA incrementa su intensidad; el ensanchamiento de estos picos corresponde al carácter amorfo de este tipo de materiales.

En la Figura 4 se presentan los espectros de FTIR de las películas poliméricas reforzadas con nPA, donde se identifican los principales grupos funcionales, en las bandas ubicadas entre 3383 y 3199 cm^{-1} que corresponden a enlaces de hidrógeno de grupos O-H.

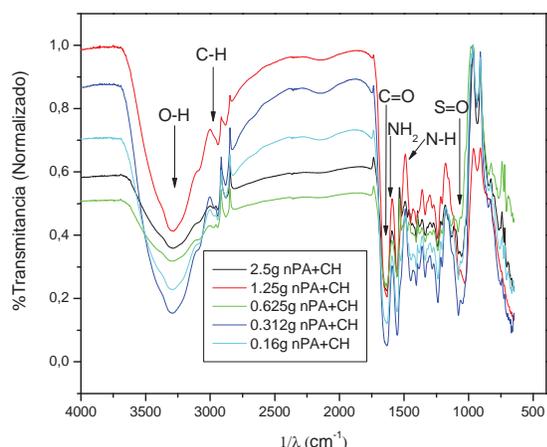


Figura 4. Espectros de FTIR en películas poliméricas reforzadas con nPA.

En la banda 2944 cm^{-1} se identifican los grupos C-H con hibridación sp^3 , a 1638 cm^{-1} los enlaces C=O, en 1597 cm^{-1} las aminas primarias (NH_2), a 1477 se identifican las aminas secundarias (N-H) que son característicos del colágeno hidrolizado y por último en la banda de 1062 cm^{-1} se observan los sulfóxidos (S=O) característicos del ajo.

Por último, en la Figura 5 se muestran las micrografías obtenidas con la tinción de Gram para los materiales estudiados después de un almacenamiento de 240 horas. Para muestras de carne sin envoltura, en los recuadros a) y b) de esta figura, se observa una alta densidad de bacterias Gram negativas en color rosado, que se pueden asociar a las bacterias *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*. En el recuadro c) se observan bacterias Gram positivas asociadas posiblemente a bacterias *Micrococcus* sp, *Staphylococcus* o Bacterias lácticas (López, 2004); presentes en la carne envuelta con nPA, en menor cantidad que las observadas en el recuadro d) para muestras de carne recubiertas con μ PA. Esta disminución o poder inhibitorio de las nPA se observó también en la prueba de la CMI, como se mencionó anteriormente.

CONCLUSIÓN

Las nanopartículas inhiben el crecimiento de la *E. Coli* a una concentración menor que las micropartículas y no son tóxicas a bajas concentraciones en células *VERO*. La caracterización estructural permitió inferir que las películas poliméricas reforzadas con nPA poseen la misma estructura amorfa, mantiene sus principales grupos funcionales y ayudan a la

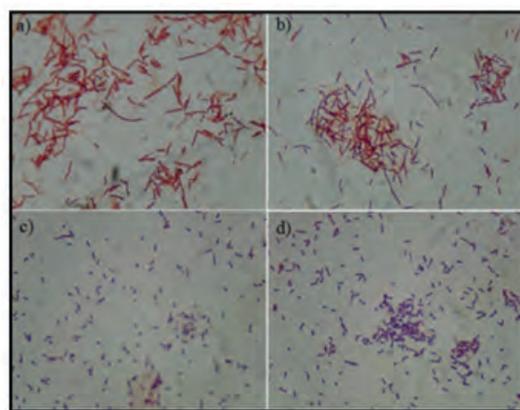


Figura 5. Micrografías de bacterias bajo tinción de Gram.

conservación de la carne.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración al grupo de Inmunología Molecular de la Universidad del Quindío, dirigido por el Doctor John Carlos Castaño, donde se realizaron las pruebas de la CMI, CMB y Citotoxicidad.

BIBLIOGRAFÍA

- J. Sifuentes., G. Solorza, F. Gutiérrez, J. Rendón y E. Flores Huicochea. 2012. Caracterización de películas conformadas por gelatina/glicerol y nanotubos de carbono. Libro Electrónico. ISBN: 978-607-00-6155-4. 31-36.
- López Tomás, Luis. 2004. Actividad Aminopetidásica Ligada a Membrana de Bacterias Gram-Negativas: Prueba de La P-Nitroanilina para la Estimación de la Carga Bacteriana de Carne Picada. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. ISBN: 84-669-2684-4. 208 p.
- Lorian, Victor. 1996. Antibiotics in Laboratory Medicine. Williams and Wilkins. Cuarta edición. Amsterdam. 851p.
- Pascall, M y Lin. Shin-Jie. 2013. The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry. Food Process Technology 4(2): 1-2.

Obtención y Caracterización de Nanofibras a partir de Material Lignocelulósico de Bagazo de Caña de Azúcar

Isolation and Characterization of Nanofibers from Lignocellulosic Material of Sugarcane Bagasse

Margarita María Andrade Mahecha¹; Natali López Mejía²; Andrés Felipe Reyes Giraldo²; Andrés Echeverry Castro²; Junior Bernardo Molina Hernández²; Oscar Dubán Ríos Solarte²; Efrén Muñoz Galindez³ y Ana Cecilia Agudelo Henao⁴

1 Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. mmandradem@unal.edu.co.

2 Estudiantes Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

3 Biólogo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

4 Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Resumen. En este trabajo se obtuvieron fibras naturales de tamaño nanométrico a partir de un material lignocelulósico (MLG), residuo de la industria azucarera, utilizando un tratamiento con ácido peracético y ultrasonido. El MLG y las nanofibras obtenidas (APU) se caracterizaron usando difracción de rayos X (DRX), espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y microscopía electrónica de transmisión (TEM). Los resultados muestran que el tratamiento fue eficaz para obtener fibras naturales de tamaño nanométrico ($35,1 \pm 16,3$ nm), para la remoción de lignina y en consecuencia, para la reducción de la banda de absorción a 1638 cm^{-1} y la obtención de un alto porcentaje de cristalinidad (% Icr). Se concluye que el método usado fue eficaz en la deslignificación y obtención de nanofibras.

Palabras clave: Nanofibras, ácido peracético, ultrasonido, material lignocelulósico, TEM.

Abstract. In this work, nanosized natural fibers were isolated from a lignocellulosic material (MLG), using a treatment with peracetic acid, and ultrasound. MLG is an agricultural waste resulting of the sugar industry. The MLG and the nanofibers obtained (APU) were characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier-Transformed Infrared spectroscopy (FTIR) and transmission electron microscopy (TEM). The results showed that treatment was effective to obtain natural fibers in nanometer scale (35.1 ± 16.3 nm), for the removal of lignin, and consequently, for reduction of the absorption band at 1638 cm^{-1} and a high percentage of crystallinity (% Icr). It was concluded that the method used in this study was effective in the delignification and obtaining nanofibers.

Key words: Nanofibers, peracetic acid, ultrasound, lignocellulosic material, sugarcane, bagasse, TEM

INTRODUCCIÓN

Diferentes autores han evaluado métodos químicos, físicos y/o enzimáticos para la obtención de fibras vegetales de tamaño nanométrico a partir de residuos lignocelulósicos. Las nanofibras vegetales vienen siendo bastante exploradas, debido a que su elevada área superficial específica por peso de material ($> 100\text{ m}^2/\text{g}$) le permite actuar como componente de refuerzo en la fabricación de empaques biodegradables. En este trabajo se evaluó ácido peracético, como agente deslignificante, y tratamiento de ultrasonido para la obtención de fibras de tamaño nanométrico a partir de material lignocelulósico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima. El MLG fue pulpa del proceso de papel sin blanquear (78% humedad) obtenida a partir de bagazo de caña de azúcar, suministrada por Carvajal Pulpa y Papel mediante convenio específico de colaboración.

Obtención de nanofibras. Pulpa del proceso de papel sin blanquear fue sometida a lavados sucesivos con agua desionizada, empleando filtración al vacío. El pH de este material fue ajustado a 5,3. Para la primera etapa de deslignificación se empleó ácido peracético (1% v/v) a $75\text{ }^\circ\text{C}/2\text{ h}$ y agitación constante (1900 rpm). Después de dos lavados, se realizó una segunda etapa de deslignificación con ácido peracético (5% v/v). Luego, el material fue sometido a tres lavados antes de iniciar tratamiento con H_2SO_4 (1% v/v) a $80\text{ }^\circ\text{C}/1\text{ h}$ y agitación constante. Después de lavados sucesivos, el pH del material fue neutralizado para ser colocado en un baño de ultrasonido con hielo (1200 W, 20 minutos).

Caracterización de nanofibras. Tanto la materia prima (MLG) como las nanofibras (APU) fueron analizadas con DRX, FTIR y TEM. Para los dos primeros análisis, las muestras fueron secadas a 45 °C/40 h en estufa con circulación forzada de aire. El material seco fue sometido a molienda. Para DRX se utilizó un difractor D8 (Bruker, Karlsruhe, Germany) con fuente de radiación $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$). Los difractogramas fueron obtenidos en un ángulo 2θ variando de 5° a 40° ($0,02^\circ/\text{s}$) con un voltaje de 35 kV y una corriente de 30 mA. El índice de cristalinidad (% Icr) fue calculado de acuerdo al método propuesto por (Segal *et al.*, 1959) empleando el software Origin 9 (Northampton, MA, USA). Celulosa microcristalina comercial (Avicel© PC 105, FMC Biopolymer) fue usada como referencia (MCC). Los análisis de FTIR se realizaron por duplicado en un espectrofotómetro Prestige-21 (Shimadzu, Kyoto, Japón). Cada análisis se realizó con una resolución espectral de 4 cm^{-1} , a temperatura ambiente en un intervalo de barrido entre $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$, 32 barridos. Para análisis de TEM, una suspensión acuosa de nanofibras (3,9% p/p) fue sometida a ultrasonido (BRANSONIC, 1510R-DTH Ultrasonic Cleaner, México) durante 20 minutos. Las muestras fueron observadas en un microscopio electrónico (JEOL, JEM-1011 Electron Microscope, Japón) utilizando un voltaje de 80 kV. El diámetro promedio de APU fue obtenido a partir de las micrografías captadas por una cámara digital GATAN ES1000W acoplada al microscopio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de materia prima (MLG). En las micrografías obtenidas (Figura 1 B-D) puede observarse una red de agregados de fibrillas con una amplia variación de diámetro ($44,5 \pm 13,8 \text{ nm}$).

Obtención de nanofibras (APU). En la Figura 2 puede evidenciarse que el ácido peracético fue eficaz en la remoción de la lignina responsable por la coloración marrón del material lignocelulósico (MLG).

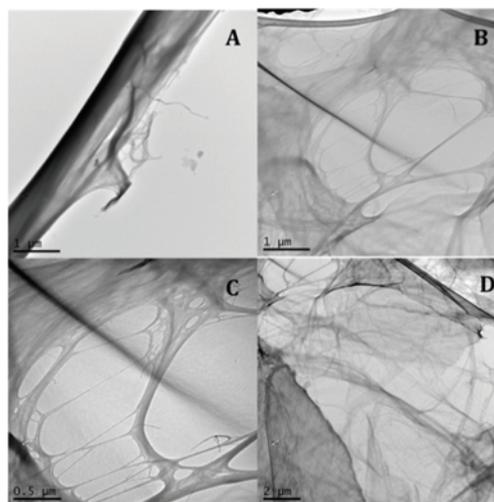


Figura 1. Micrografías TEM del material lignocelulósico de partida (MLG). A) 20 kV y $1 \mu\text{m}$. B) 20 kV y $1 \mu\text{m}$. C) 40 kV y $0,5 \mu\text{m}$. D) 8 kV y $2 \mu\text{m}$.

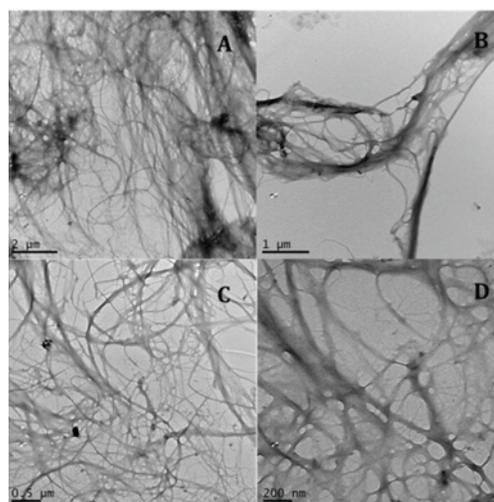


Figura 2. Secuencia de delignificación y blanqueamiento para MLG.



Figura 3. Micrografías TEM para nanofibras. A) 10 kV y $2 \mu\text{m}$. B) 20 kV y $1 \mu\text{m}$. C) 25 kV y $0,5 \mu\text{m}$. D) 60 kV y 200 nm

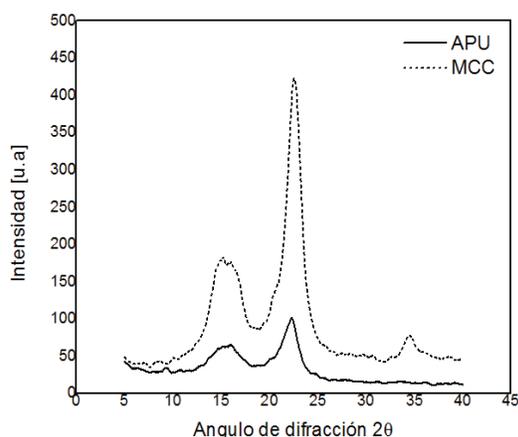


Figura 4. Difractogramas de rayos X de las muestras APU y MCC.

Caracterización de nanofibras. En la Figura 3 puede evidenciarse que el método aplicado a MLG promovió la separación de las fibrillas, logrando también la disminución de su diámetro ($35,1 \pm 16,3$ nm).

En la Figura 4 se muestran los difractogramas obtenidos para MCC y nanofibras APU. Se observa un pico de difracción a $2\theta=18^\circ$ característico de componentes amorfos como hemicelulosa y lignina. El pico de mayor intensidad, a $2\theta=22,5^\circ$, es característico de componentes cristalinos, en este caso celulosa. El % Icr para MCC fue de 78,632 y para APU de 62,52.

En la Figura 5 se presentan los espectros FTIR obtenidos para nanofibras APU y para MCC. Las muestras presentaron las siguientes bandas de absorción características de MLG: vibración de estiramiento de los grupos C=H a 1734 cm^{-1} , presentes en la hemicelulosa (Zhao *et al.*, 2011); vibración de estiramiento del grupo C=C a 1638 cm^{-1} , en plano simétrico de anillo aromático, característico de la lignina; vibración de estiramiento de los grupos C-H y O-H a 3400 y 2900 cm^{-1} , respectivamente, característicos de celulosa (Li *et al.*, 2012).

Los análisis de FTIR y la coloración final de las nanofibras obtenidas sugiere la eficacia del ácido peracético como agente deslignificante. Este resultado puede ser corroborado con el % Icr obtenido para las nanofibras, el cual refleja mayor proporción de celulosa en la muestra.

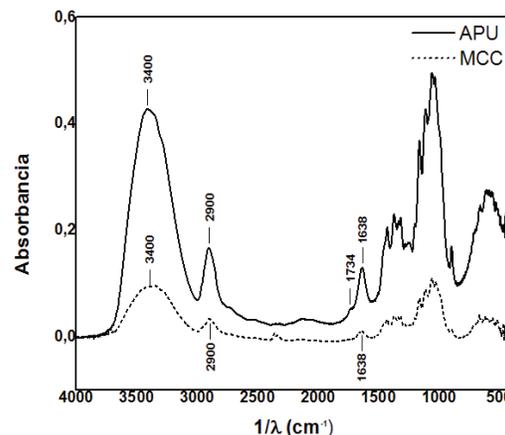


Figura 5. Espectro de FTIR de nanofibras de APU en comparación a la MCC.

CONCLUSION

El método empleando dos etapas de deslignificación con ácido peracético (1 y 5%) y tratamiento con ultrasonido (1200 W, 20 minutos) se mostró eficaz para la obtención de nanofibras a partir de bagazo de caña.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia la financiación económica mediante el proyecto código Hermes 18909. De igual manera, agradecen al Laboratorio y personal de Investigación y Desarrollo de la empresa Carvajal Pulpa y Papel S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- Li, J., X. Wei, Q. Wang, J. Chen, G. Chang, L. Kong, J. Su and Y. Liu. 2012. Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization, *Carbohydrate Polymers* 90(4): 1609–1613.
- Segal, L., J.J. Creely, A.E. Martin and C.M. Conrad. 1959. An empirical method forestimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer, *Textile Research Journal* 29(10): 786–794.
- Zhao, X., E. Heide, T. Zhang and D. Liu. 2011. Single-Stage Pulping of Sugarcane Bagasse with Peracetic Acid, *Journal of Wood Chemistry and Technology* 1(31): 1–25.

Funcionalización de Nanopartículas Magnéticas con Complejo Celulolítico Mediante Unión Covalente

Functionalization of Magnetic Nanoparticles with Cellulolytic Complex by Covalent Attachment

Jaquelina Sánchez Ramírez¹; José Luis Martínez Hernández¹; Elda Patricia Segura Ceniceros¹; Cristóbal N. Aguilar¹; R.G López Campos²; Anna Iliná¹.

1 Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas. Blvd., Venustiano Carranza s/n Col., República oriente, CP 25280, Saltillo, Coahuila, México.

Correo electrónico: anna_ilina@hotmail.com, jacquelina_sanchez@uadec.edu.mx

2 Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Boulevard Enrique Reyna N°.140, 25294 Saltillo, Coahuila, México.

Resumen. La inmovilización de enzimas en nanopartículas magnéticas (NPM) permite su fácil recuperación a través de un campo magnético externo para ciclos de aplicación sucesiva. El objetivo de este trabajo fue preparar NPM recubiertas de quitosán mediante coprecipitación química y evaluar su uso como soporte para la inmovilización de un complejo celulolítico mediante unión covalente vía activación con glutaraldehído. Las nanopartículas mostraron una forma semiesférica con diámetros de ~ 8,5 nm y propiedades superparamagnéticas. La unión de la enzima al soporte fue comprobada por espectrometría de infrarrojo con transformadas de Fourier (FT-IR). El rendimiento de inmovilización fue del 66,8% y la actividad evaluada con papel filtro en calidad de sustrato se mantuvo en un 37,1% con respecto a la de celulasas libres. Lo anterior sugiere el empleo de NPM como soporte para la inmovilización de las enzimas aplicadas en la hidrólisis de los residuos celulósicos de industria agroalimentaria.

Palabras clave: Magnetita, glutaraldehído, celulasas.

Abstract. Enzymes immobilization on magnetic nanoparticles (NMP) allows an easy retrieval by an external magnetic field for successive application cycles. The aim of this work was to prepare NPM coated with chitosan by chemical coprecipitation, and to assess their use as a support for cellulolytic complex immobilization by covalent bonding via glutaraldehyde activation. Nanoparticles showed a hemispherical shape with diameters ~8.5 nm and superparamagnetic properties. The enzyme attachment was confirmed by Fourier transform infrared spectroscopy (FT- IR). The immobilization yield was 66.8% and the activity assessed using filter paper as the substrate, was maintained at 37.1% relative to free cellulases. This suggests the NPM use as a support for the immobilization of enzymes applied for hydrolysis of cellulosic wastes of food industry.

Key words: Magnetite, glutaraldehyde, cellulases.

INTRODUCCIÓN

Las celulasas son un grupo de hidrolasas que actúan de manera sinérgica para convertir la celulosa en β -glucosa. Esta reacción se aplica en la industria alimentaria para favorecer la extracción y filtración de jugos, así como para la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. El reuso de enzimas inmovilizadas puede acortar los costos de los procesos tecnológicos. Sin embargo, la heterogeneidad del sistema de la hidrólisis de celulosa impide la utilización de las enzimas inmovilizadas en los soportes comunes (Datta *et al.*, 2012). La aplicación de los soportes nanoestructurados, cuyo tamaño es comparable con tamaño de las enzimas, abre perspectivas para superar estas limitaciones. En particular, las nanopartículas magnéticas poseen un área superficial específica alta, reducen dificultades difusionales y pueden ser recuperadas fácil y rápidamente bajo un campo magnético externo. Para la industria de alimentos las NPM a base de magnetita (Fe_3O_4) son convenientes debido a su baja toxicidad y biocompatibilidad (Netto *et al.*, 2013). Con el fin de estabilizar y proteger a la nanopartícula se desarrollan estrategias de recubrimiento. El uso de quitosán como recubrimiento proporciona además grupos funcionales ($-\text{NH}_2$ y $-\text{OH}$) aptos para unión química con diversas biomoléculas (Li *et al.*, 2007). El objetivo de este estudio fue obtener y caracterizar nanopartículas magnéticas recubiertas de quitosán y evaluar su uso como soporte para la inmovilización de un complejo celulolítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de nanopartículas magnéticas recubiertas de quitosán (NPM-Q). Nanopartículas de Fe_3O_4 fueron preparadas por el método de coprecipitación química y recubrimiento con quitosán en una sola etapa, siguiendo metodología reportada por Osuna *et al.*, (2012).

Inmovilización del complejo celulolítico. Solución enzimática (2,5 mg/ml) de celulasas de *T. reesei* (Celluclast 1,5L) fue inmovilizada sobre NPM-Q (activadas con aldehído glutárico) mediante unión covalente. La cantidad de proteína

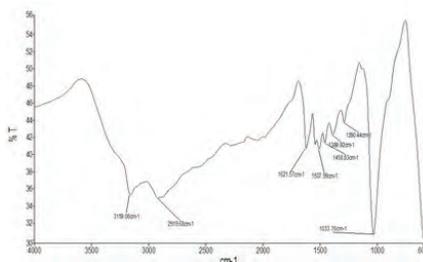
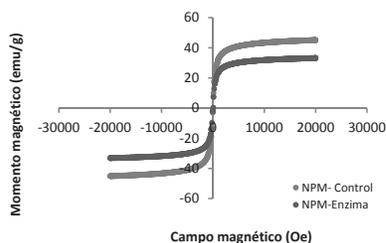


Figura 1. Caracterización del preparado enzimático inmovilizado: Derecha, – curvas de magnetización obtenidas para las nanopartículas magnéticas. Izquierda, - espectro de infrarrojo de la enzima inmovilizada en nanopartículas magnéticas.

inmovilizada y el rendimiento de inmovilización fueron determinados utilizando el método de Bradford, (1976).

Caracterización fisicoquímica. Para determinar el diámetro y morfología de NPM-Q se utilizó un microscopio electrónico de transmisión. Las pruebas de magnetización se realizaron con un magnetómetro de muestra vibrante. Los grupos amino se determinaron en la reacción ninhidrina de acuerdo a Osuna *et al.*, (2012). Para comprobar que la enzima fue inmovilizada, se realizó el análisis mediante espectrometría de infrarrojo con transformadas de Fourier.

Evaluación de la actividad enzimática. La actividad del preparado libre e inmovilizado se evaluó utilizando como sustrato papel filtro, siguiendo metodologías reportadas por Ghose, (1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se lograron obtener nanopartículas semiesféricas de 8,5nm (control) y 10 nm (NPM-enzima) de diámetro, las cuales mostraron propiedades superparamagnéticas al ser sometidas bajo un campo magnético externo. En la Figura 1 (derecha) se presentan las curvas de magnetización correspondientes a las NPM-Q (NPM-Control) y al preparado enzimático inmovilizado (NPM-Enzima). La magnetización de saturación de las nanopartículas se situó en 45,1 emu/g, éstos valores son superiores a lo reportado por Wu *et al.*, (2009). La unión de la enzima disminuyó su magnetización hasta 37,6 emu/g, lo cual confirma la presencia de material distinto a magnético en las preparaciones obtenidas.

Mediante la prueba con ninhidrina se logró cuantificar un contenido de grupos amino de 0,105 mM/g de NPM-Q. La presencia de grupos amino libres disponibles en el soporte hizo factible la inmovilización del complejo celulolítico por enlace covalente. En 1 g de soporte (peso húmedo) se logró inmovilizar 16 mg de proteína, con un rendimiento de inmovilización del 66,8%. En la Figura 1 (Izquierda) se presentan los espectros de infrarrojo para el preparado de la celulosa inmovilizada en NPM-Q, donde destacan bandas cercanas a 1405 y 1542 cm^{-1} características para las proteínas y bandas características del quitosán en 3363 cm^{-1} (vibraciones de valencia con hidrogeno O-H, N-H). La actividad del preparado inmovilizado fue de

325,10 U/mL de suspensión de NPM, lo que comprendía 37,12 % de la actividad inicial (875,35 U/mL) del complejo enzimático sometido en proceso de inmovilización.

CONCLUSIÓN

Nanopartículas superparamagnéticas de Fe_3O_4 fueron sintetizadas por el método de coprecipitación y recubrimiento con quitosán en una sola etapa, conteniendo grupos amino disponibles para su unión química a las proteínas de un complejo enzimático celulolítico. Los resultados sugieren que es factible el uso de NPM-Q como soporte para la inmovilización de estas enzimas, ya que permiten un alto rendimiento de inmovilización, capacidad para la hidrólisis de celulosa (papel filtro), así como la fácil separación de la biomolécula con un campo magnético externo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72 (1): 248-254.
- Datta, S., C.L. Rene and R.Y. Sriramulu. 2012. Enzyme immobilization: an overview on techniques and support materials. 3 *Biotech*, DOI 10.1007/s13205-012-0071-7. 3 (1): 1-7.
- Ghose T.K. 1987. Measurement of cellulose activities. *Pure & Applied Chemistry*. 59 (2): 257-268.
- Li, C., M. Yoshimoto, K. Fukunaga, and K. Nakao. 2007. Characterization and immobilization of liposome-bound cellulase for hydrolysis of insoluble cellulose. *Bioresource Technology* 98 (7): 1366-1372.
- Netto, C.G., H.E. Toma and L.H. Andrade. 2013. Superparamagnetic nanoparticles as versatile carriers and supporting materials for enzymes. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. (85): 71-92.
- Osuna, Y., K.M. Gregorio, J.G. Gaona, I.M. de la Garza, A. Ilyna, E. Diaz, H. Saade and R.G. Lopez. 2012. Chitosan-coated magnetic nanoparticles with low chitosan content prepared in one-step. *Journal of Nanomaterials* Article ID 327562. DOI:10.1155/2012/327562. 2012: 7 pages.
- Wu, Y., Y. Wang, G. Luo, and Y. Dai. 2009. In situ preparation of magnetic Fe_3O_4 -chitosan nanoparticles for lipase immobilization by cross-linking and oxidation in aqueous solution. *Bioresource Technology*. 100(14): 3459-3464.

Seguridad Alimentaria



II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Food Safety Practices at Home in Neiva Consumers. A Descriptive Comparison with Three Countries <i>Nelson Gutiérrez; Kadri Koppel; Edgar Chambers IV</i>	1047
Determinación del Contenido de Nitritos y de Almidón en Derivados Cárnicos Comercializados en Colombia: Salchichón <i>Maite Rada-Mendoza., Tatiana Muñoz H., Diana Agredo, Yeniffer Usuriaga M., Sandra Muñoz B.</i>	1050
Análisis Multivariado para Evaluación Productiva de Conejos en Canal <i>Luz Mercedes Botero A.;Melba Liliana Vertel M.; Sergio Montoya B.</i>	1052
Presencia de Nutrientes Trazadores de Riesgo para la Salud en Alimentos Consumidos por Escolares de Medellín <i>Luz M Arboleda M,John Edison Velásquez V, Catherine Zuluaga G,Daniela Varela A, Laura Rodríguez M</i>	1055
Evaluación Microbiológica de Carne Obtenida en Mataderos de Manabí-Ecuador en Dos Épocas del Año. <i>Hipatia Delgado Demera, Carlos Alfredo Cedeño Alejandra Villoch Cambas.</i>	1058
Determinación de Ácidos Grasos Trans en Productos Fritos que se Expenden en la Ciudad de Barranquilla-Colombia <i>Oscar E. Cabarcas Núñez; José Rafael Vergara Soto; Antonio L. Villalba Lago; Andrés Felipe Suárez Escobar; Alberto R. Albis Arrieta; Sigifredo Cervera Cahuana</i>	1060
Identificación y Cuantificación de clorotalonil en banano (<i>Musa paradisiaca</i>) por cromatografía líquida <i>Arnulfo Taron D; Carmen R. Espitia Y; Lorenzo Fuentes B; Orlando González S</i>	1063
Determinación de Ácidos Grasos Trans en Marcas de Panes Consumidos en la Ciudad de Barranquilla <i>Oscar Cabarcas N., Nelly Yaruro C., Luis Boyano O., Andres Suarez E., Alberto Alvis A</i>	1066
Modelos no lineales para estimación de Curva de Crecimiento de crías bovinas machos <i>Luz Mercedes Botero A., Melba Liliana Vertel M., Emiliano Rodríguez A.</i>	1068
Condiciones Higiénico Sanitarias de Comedores Escolares en el Área Metropolitana de Barranquilla, Colombia <i>Amparo Luz Púa Rosado</i>	1071
Antigenicidad Residual de Proteínas de Leche de Vaca Parcialmente Hidrolizadas <i>F. N. Salazar; M. Labbé; M. Carrasco; C. Astudillo; P. Ulloa; F. López</i>	1074
Preparation of Cookies (<i>Bean-Cassava-Wheat</i>) with High Nutritional Quality <i>A. Tofiño; Cabal, D; S. Lissbrant; S. Gallego</i>	1077
Clasificación de Alimentos Consumidos en Tiendas Escolares, Según Contenido de Nutrientes Trazadores de Riesgo, Medellín – 2012 <i>Luz Marina Arboleda M; Laura Rodríguez M; Daniela Varela A; John Edison Velasquez V; Catherine Zuluaga G.</i>	1079
Suplemento con Valor Protéico para la Población en Riesgo Nutricional y de Salud. Espoch <i>Mayra Logroño Veloz; Lourdes Benitez Santillan; Sarita Betancourt Ortiz; Maribel Vallejo; Chávez Ana Moreno; Janeth Fonseca</i>	1081
Composición, Sustancias Químicas Autorizadas y no Autorizadas en Productos de Proteína Aislada de Soja <i>Katerin Andrea Perafán M, Brandon Rosero L, Maite Rada-Mendoza</i>	1085

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Jugos de Naranja Comerciales Colombianos <i>Maite Rada-Mendoza; Diana Correa; Hamilton Martínez; Ximena Prieto; Brandon Rosero; Rafael Solano.....</i>	1088
Determinación Cuantitativa de Cadmio en Chocolates Colombianos <i>Alejandra Echeverry Aranda; Henry Reyes Pineda.....</i>	1091
Potencialidad de uso de Almidones Nativos de Fuentes no Convencionales en la Industria de Alimentos <i>Romel E. Guzmán; Elevina E. Pérez.....</i>	1094
Establecimiento de Factores de Sostenibilidad y Seguridad Agroalimentaria del Sector Rural del Departamento del Quindío <i>Cifuentes-Wchima, Ximena; Mejía-Giraldo, Luis Miguel.....</i>	1096
Análisis Físico-Químico de Leches UHT Deslactosadas Consumidas en la Ciudad de Popayán <i>Angie Carolay Forero; Juan David Figueroa; Juan José Tobar; Maite Rada-Mendoza.....</i>	1098
Evaluación de las Características Químicas y Microbiológicas Durante la Elaboración de Masa Madre <i>Ramírez-López, Santiago; Quito-Vidal, Moisés; Manrique-Cochachi, Jose.....</i>	1100
Valoración de la Antigüedad de las Lesiones en Bovinos Producidos Bajo Condiciones de Bienestar Animal <i>Scarpa, Verónica, Ghezzi, Marcelo D., Díaz, Mauricio D.</i>	1103
Desarrollo y Optimización de un Método Multiresiduo para el Análisis de Antibióticos en Leche. <i>Andrea del Pilar Mojica C.; Diego A. Ahumada F.; Adriana Mireya Zamudio S.....</i>	1106

Food Safety Practices at Home in Neiva Consumers. A Descriptive Comparison with Three Countries

Inocuidad Alimentaria en el Hogar en Consumidores de Neiva. Comparación Descriptiva con Tres Países.

Nelson Gutiérrez¹; Kadri Koppel²; Edgar Chambers IV³

¹ Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Agrícola Universidad Surcolombiana, Neiva. ngutierrezg@usco.edu.co

² Assistant Professor, Department of Human Nutrition, Kansas State University, Manhattan, KS, USA. kadri@ksu.edu

³ Distinguished Professor, Sensory Analysis Center, Kansas State University, Manhattan, KS, USA. eciv@ksu.edu

Abstract. *The food handling practices during storing and cooking at home in Neiva-Colombia consumers was studied. A questionnaire with 31 questions in food handling and five questions in demographics aspects was satisfactorily completed by 113 consumers; a descriptive comparison with consumers in USA, Thailand and Spain was realized. Several improper food handling practices were detected in Neiva-Colombia consumers such as not washing cutting boards between uses with water and detergents, not washing hands with soap and water and not using a thermometer to verify if the meat is done; likewise, different behaviors were found between Colombian consumers and consumers in developed countries.*

Key Words: *Innocuity, food handling, food storage.*

Resumen. *Se evaluó el comportamiento en consumidores de Neiva, relacionado con la forma de almacenar y preparar alimentos en el hogar. 113 consumidores completaron un instrumento con 31 preguntas sobre manejo de alimentos y cinco sobre aspectos demográficos; se realizó una comparación descriptiva con consumidores en EE.UU., España y Tailandia. En los consumidores de Neiva se detectaron prácticas inadecuadas en manejo de alimentos, como la utilización de la misma tabla de cortar sin lavarse entre usos, no lavarse las manos con agua y jabón durante la manipulación de alimentos y la no utilización un termómetro para verificar que la carne está bien asada. Se detectaron diferencias en los comportamientos entre consumidores Colombianos y los consumidores en países desarrollados.*

Palabras Clave: *Inocuidad, manejo de los alimentos, almacenamiento de alimentos.*

INTRODUCTION

In almost all the countries of the world, the food industry is responsible for producing safe food and government agencies are responsible for food safety control. The Hazard Analysis

Critical Control Point (HACCP) is a system used by the food industry to ensure that all food produced is safe to eat (Sun and Ockerman, 2005), but in the final segment of the food chain, the responsibility for food safety is the consumer's. Taché and Carpenter (2014) comment that changes in consumer behavior is the key to minimize food-borne diseases. Jevsnik *et al.* (2008) reported that in Europe the annual cases of salmonellosis and campylobacteriosis exceed five million. In Colombia, it was found that during 2013 there was a 61% incidence of food-related illness in the home (Siviglia, 2013) principally affecting the infantile population between 5 and 9 years old. Many scientific papers have discussed the consumers awareness and behavior in food safety during shopping, storing and preparing in different countries of the world, Canada (Nesbitt *et al.*, 2014), Turkey (Unusan, 2007), Slovenia (Jevsnik *et al.*, 2008), Brazil (Behrens *et al.*, 2010); in Colombia only one paper was published in knowledge and practices of food handling in households (Forero and Romero, 2012). The aim of this study was to investigate food safety behavior and relevant practices during storing and preparing food at home by consumers in Neiva-Colombia and to descriptively compare those consumers with consumers in the USA, Thailand and Spain.

MATERIALS AND METHODS

A cross-sectional study of consumer awareness and behavior in food safety during shopping, storing and preparing was conducted from November 2012 to January 2013 in Neiva-Colombia. A questionnaire with four questions to pre-screen, 31 questions in behavior in food handling and five questions in demographics aspects was structured in the Department of Human Nutrition (Kansas State University), the questionnaire was developed in English and translated into Spanish and back-translated into English by native speakers to ensure the questionnaire was comparable across countries.

The sample consisted of 113 voluntary respondents; three trained final year university students visited each household and explained the purpose and nature of the study briefly to the adult with responsibility for food preparation in the household. The questionnaire responses were analyzed using descriptive statistics in Microsoft® Excel and then were compared descriptively with the results obtained in USA (n=116), Thailand (n=100) and Spain (n=102).

RESULTS AND DISCUSSION

Demographic data on respondents in Neiva are shown in Table 1. The majority of respondents 72/113 (63.7%) were female, the age group predominant were <34 years old, all

Table 1. Demographic characteristics of respondents in Neiva-Colombia.

Demographic characteristics (n=113)		n	%
Gender	Male	41	36.3
	Female	72	63.7
Age group	<34	66	57.5
	34-54	31	28.4
	>54	16	14.1
Ethnicity	Spanish descent	113	100
Education	Primary school or less	22	19.5
	Secondary school	26	23
	Higher education (University students included)	65	57.5
Monthly income	<1900 Dollar (USA)	100	88.5
	1900-3800 Dollar (USA)	12	10.6
	>3800 Dollar (USA)	1	0.9

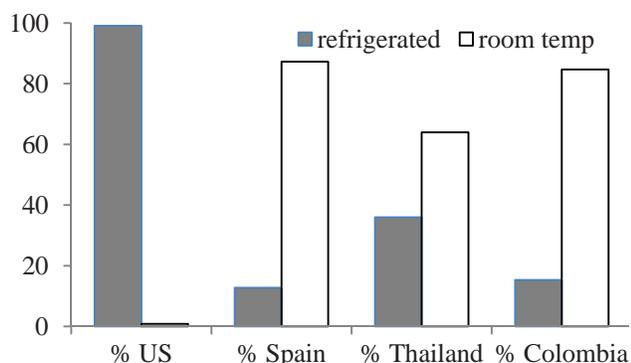


Figure 1. When you usually buy eggs are they refrigerated or at room temperature?

the respondents are Spanish descents; the higher proportion (57.5%) the respondents it initiated a university program; the 88.5 % of the respondents have a monthly income <1900 Us Dollar, corresponding to employee class.

Table 2 shows the results of the respondents in Neiva to some critical aspects of food handling. When asked about the use and washing of the cutting board, many consumers (43/113) indicated they are accustomed to using “the same cutting surface and wipe or wash it at the end”. Likewise, with respect to what the consumers did just after manipulating raw meat, they responded “I rinsed off my hands but did not use soap”. Several surveys have determined that the inadequate use of cutting surfaces, as well as the cleaning methods applied to them, may lead to cross-contamination with Salmonella (Mendonça *et al.*, 2012) (Carrasco *et al.*, 2012). In addition, respondents were asked how they normally verified that the meat is done (cooked completely), results showed what none said that it uses a thermometer. Several authors (Nesbitt *et al.*, 2014) (Al-Sakkaf, 2012) have commented on the importance of checking the temperature of cooking and the utilization of a food thermometer to assure this.

The figures 1 and 2 show the comparison of the results obtained between the respondents of Neiva and the respondents of USA, Spain and Thailand. In the first case (Figure 1), most consumers in the US would buy their eggs refrigerated, while most consumers in Spain and Colombia would buy eggs at room temperature, a practice that is considered a potential source of food-borne illness. In relation to the way for verify if the meat is done (Figure 2)(See options in table 2), US consumers would use a thermometer or cut the meat to check if the meat is done, while Colombian and Thai consumers would cut the meat or poke the meat with a kitchen utensil, but they not use a thermometer.

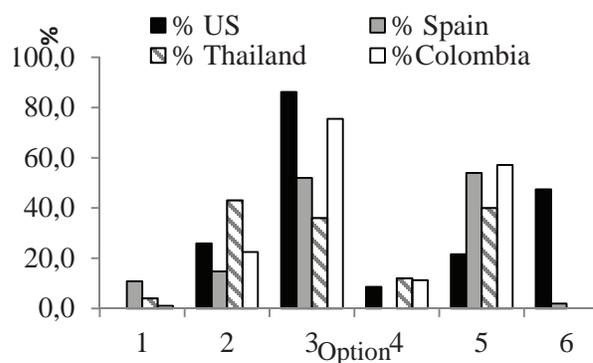


Figure 2. When you cook meat, how do you check most often if the meat is done? (See options in Table 2)

Table 2. Responses to the critical aspects in food handling and preparing at home.

Questions and options of response		n
When do you cut several types of food as meat, vegetables, bread, etc., do you normally use?		
1	The same cutting surface (counter, plate, cutting board) and wipe or wash it at the end	43
2	The same cutting surface (counter, plate cutting board) and wipe it between uses	28
3	The same cutting surface (counter, plate, cutting board) and wash it between uses	36
4	A different cutting surface for each type of food	4
5	I don't use a cutting surface	2
The last time that manipulated raw meat, meat of bird, fish / shellfish, or eggs, which was the FIRST thing that it did just after manipulating this raw food? (Select one)		
1	I cut up some other foods	2
2	I got other foods ready for cooking but did not cut them up	4
3	I picked up a pot or pan to cook food	0
4	I wiped my hands off with a paper towel dish cloth or on my apron or clothing	11
5	I continued cooking without wiping rinsing or washing hands	39
6	I rinsed off my hands but did not use soap	57
7	I washed hands with soap and water	0
8	I do not prepare raw meat poultry seafood or eggs	0
When he cooks meat, how does he verify normally that the meat is made? (Select all those that you consider)		
1	I do not check meat doneness	2
2	I check by recommended cook time	25
3	I cut the meat	83
4	I touch the meat with my finger	11
5	I poke the meat with a kitchen utensil	67
6	I use a thermometer	0

CONCLUSIONS

This study highlighted some gaps in Neiva-Colombia consumers behavior in food handling practices during storing and cooking at home. The practices allow numerous opportunities for microbiological cross-contamination of food. Several improper food handling practices were detected in Neiva consumers such as not wash cutting boards between uses with water and detergents, not wash hands with soap and water and not uses a thermometer to verify if the meat is done.

The results comparison made between Neiva-Colombia consumers with consumers in USA, Spain and Thailand showed that most consumers in the US would buy their eggs refrigerated, while most consumers in Spain and Colombia would buy eggs at room temperature; when cooking meat, >40% US consumers would use a thermometer to verify if the meat is done while none Neiva-Colombia consumer would use it.

BIBLIOGRAPHY

- Al-Sakkaf, A. 2012. Evaluation of food handling practice among New Zealanders and other developed countries as a main risk factor for campylobacteriosis rate. *Food Control* 27(2): 330-337.
- Behrens, J., M. Barcellos, L. Frewer, T.P.Nunes, B. Franco, M. Destro and M. Landgraf. 2010. Consumer purchase habits and views on food safety: A Brazilian study. *Food Control* 21(7): 963-969.
- Carrasco, E., A. Morales-Rueda and R.M. García-Gimeno 2012. Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. *Food Research International* 45(2): 545-556.
- Forero, J.O. and J.R. Romero 2012. Knowledge and practices of food handling in households in Bogota, Colombia. *Revista Sapuvet de Salud Pública* 3(1): 15-35.
- Jevsnik, M., V. Hlebec and P.Raspor 2008. Consumers' awareness of food safety from shopping to eating. *Food control* 19(8): 737-745.
- Mendonça, V., J. Gonçalves, C. Viana, T. Braga, L. dos Santos and J.P. de Almeida Nogueira. 2012. Transfer of Salmonella Enteritidis to four types of surfaces after cleaning procedures and cross-contamination to tomatoes. *Food Microbiology* 30(2): 453-456.
- Nesbitt, A., K. Thomas, B. Marshall, K. Snedeker, K. Meleta, B. Watson and M. Bienefeld,. 2014. Baseline for consumer food safety knowledge and behavior in Canada. *Food Control* 38: 157-173.
- SIVIGILIA. Instituto nacional de salud. 2013. Boletín epidemiológico, <http://www.ins.gov.co:81/lineasdeaccion/Subdireccionvigilancia/sivigila/Paginas/documentos.aspx>; consulta: noviembre 2013.
- Sun, Y. and H.W. Ockerman 2005. A review of the needs and current applications of hazard analysis and critical control point (HACCP) system in foodservice areas. *Food Control* 16 (4): 325-332.
- Taché, J. and B. Carpenter 2014. Hygiene in the home kitchen: Changes in behaviour and impact of key microbiological hazard control measures. *Food Control* 35(1): 392-400.
- Unusan, N. 2007. Consumer food safety knowledge and practices in the home in Turkey. *Food Control* 18 (1): 45-51.

Determinación del Contenido de Nitritos y de Almidón en Derivados Cárnicos Comercializados en Colombia: Salchichón

Determination of Nitrites and starch in Market Meat Derivatives in Colombia: Sausage

Maite Rada-Mendoza¹, Tatiana Muñoz H.², Diana Agredo², Yeniffer Usuriaga M.², Sandra Muñoz B.²

¹ Química. M.Sc. Química. Dr. Ciencias Química. Profesor titular. Departamento de Química. Grupo de Investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70. Popayán. Colombia. mrada@unicauca.edu.co.

² Estudiante de pregrado química. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia

Resumen. Se determinó el contenido de nitritos y de almidón en 7 marcas comerciales colombianas de salchichón, usando el método colorimétrico y gravimétrico, respectivamente. El análisis se realizó según las normas NTC 4566 para almidón y NTC 4565 para nitritos, que se encuentran dentro de la norma ICONTEC 1325. Los resultados de las muestras analizadas están dentro de los parámetros establecidos, a excepción de las muestras SchAL, SchGL y SchOL, que están por encima del límite para nitritos y la muestra SchGL que está por encima de los límites para almidón, por lo que estas muestras no son aptas para el consumo humano. Un análisis estadístico mediante SPSS, mostró diferencias significativas para el contenido de almidón y de nitritos.

Palabras clave: Embutidos, Calidad, Espectrofotometría UV-Vis, Gravimetría.

Abstract. Tests were performed to determine the content of nitrites and starch in seven Colombian sausages, using the colorimetric and gravimetric method, respectively. The analysis was performed according to NTC 4566 for starch and NTC 4565 for nitrites, which are within the ICONTEC 1325. The results of the samples are within established parameters except for SchAL, SchGL and SchOL samples, which are above the limit for nitrite and SchGL sample which is above the limit for starch, so these samples are not suitable for human consumption. A statistical analysis using SPSS showed significant differences in the content of starch and nitrites.

Key words: Sausages, Quality, UV-Vis spectrophotometry, Gravimetry.

INTRODUCCIÓN

Un modo de conservación que permite evitar el deterioro de los productos cárnicos en un tiempo determinado es la técnica de curado (Aurora *et al.*, 2006; Luiz *et al.*, 2012), que se realiza por la adición de nitritos ó nitratos, sal y azúcar. En presencia de oxígeno, la hemoglobina se oxida y la carne se torna de un color oscuro, típico de las carnes que no son frescas; para retrasar este proceso se adicionan nitritos, los cuales se descomponen en óxido

de nitrógeno, que se combinan con la hemoglobina, dándole así, un mejor aspecto (Biesalski y Grimon, 2007); sin embargo, una cantidad elevada de nitritos resulta perjudicial para la salud, ya que pueden participar en la formación de nitrosaminas, algunas de ellas carcinogénicas, y que se forman cuando reaccionan con los aminoácidos de las proteínas que se encuentran en la carne (Ranken, 2003).

Los productos cárnicos procesados también pueden adulterarse por la adición en exceso de almidón, con el objeto de mejorar sus características organolépticas y sensoriales, además de que un fraude puede traer beneficios económicos al vender carnes de mala calidad a un precio mayor (Soares *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo consistió en determinar la calidad de diferentes marcas colombianas comerciales de salchichón, en cuanto al contenido de nitritos y almidón, para poder concluir sobre la inocuidad de estos alimentos al establecer si son aptos para el consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra y preparación. Se seleccionaron 7 muestras al azar de salchichón de diferentes marcas comercializados en supermercados de Popayán, a las cuales previamente se les retiraron las envolturas artificiales, se homogeneizaron por trituración en una licuadora (Óster) y se analizaron de inmediato, para evitar el deterioro y cualquier cambio en su composición.

Determinación del contenido de nitritos. Preparación del reactivo I y II para la precipitación de proteínas: Se siguió el procedimiento de la norma ISO 2918-1975 (ISO, 2011) y la guía de Análisis de Alimentos (Hoyos y Vélez, 2007). Precipitación de las proteínas: Se pesaron 5,000 g ($\pm 0,001$) de muestra, que se trasvasaron a un vaso con solución saturada de bórax y agua, y se calentó a baño maría a 70°C durante 15 minutos. Inmediatamente se le adicionó el reactivo I ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, 0,25M) y II ($Zn(CH_3COO)_2$ en ácido acético glacial 1,21M), mezclando cuidadosamente después de cada adición. Se trasvasó a un matraz aforado de 100mL, se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, y se enrasó con agua. Se mezcló y se filtró con papel filtro (Hoyos y Vélez, 2007).

La cuantificación se realizó por curva de calibración, utilizando un espectrofotómetro Génesis UV-Visible. A partir del estándar puro comercial de nitrito de sodio (Merck), se prepararon 5 patrones en el rango de 0,75 a 3,50 mg/L.

Determinación cuantitativa de Almidón. Se pesaron 10,000 g ($\pm 0,001$) de muestra en un papel filtro, que se transvasaron a un vaso de precipitados, con éter etílico y etanol al 70%; se le agregó HCl al 50% (V/V) hasta que se desintegró el papel filtro, agitando con una varilla de vidrio durante 30 minutos, seguidos de una dilución a 100mL con agua destilada; se filtró con un crisol Gooch y se transfirieron 25mL del filtrado a un vaso de precipitados de 250mL, que contenía 70 mL de etanol al 96%; se agitó durante 1 minuto, lavando las paredes con etanol al 70%. La muestra se decantó a través de un crisol Gooch, lavando el precipitado con etanol al 70 y 96%. Finalmente se secó el residuo durante 3h a 105°C, se atemperó y se pesó (Hoyos y Vélez, 2007).

Estadística. La normalidad de la curva de calibración se analizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos de nitritos y almidón, se analizaron con ANOVA (significancia 0,05), y el test de Duncan mediante el programa estadístico SPSS (versión 2011) para Windows (SPSS, 2011). Todos los análisis fueron realizados por triplicado y los valores corresponden a las concentraciones promedio en mg/Kg para nitritos y en porcentaje para almidón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la curva de calibración, se establecieron las concentraciones de nitritos para cada una de las muestras analizadas. La prueba Kolmogorov-Smirnov ($Z=0,937 > 0,05$), demostró que los datos son paramétricos y siguen una distribución normal. La ecuación de la recta fue $y=0,276x+0,049$ con un r de 0,990.

En la tabla 1, se reportan las concentraciones de nitrito y almidón para cada una de ellas.

Tabla 1. Concentración ($\pm s$) de nitritos y almidón (N=3) en muestras de salchichón.

Muestra	Nitritos (mg/Kg)	Almidón (%)
SchSA	195,80a ($\pm 0,25$)	0,14a ($\pm 0,01$)
SchZT	104,62b ($\pm 0,38$)	8,62b ($\pm 0,04$)
SchAL	308,33c ($\pm 0,51$)	7,93c ($\pm 0,03$)
SchGL	200,30d ($\pm 0,46$)	32,10d ($\pm 0,05$)
SchFM	141,50e ($\pm 0,36$)	1,95e ($\pm 0,02$)
SchRR	49,00f ($\pm 0,16$)	0,16f ($\pm 0,02$)
SchOL	217,70g ($\pm 0,17$)	5,49g ($\pm 0,03$)

Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El rango de concentración de nitritos y almidón es grande y se encuentran diferencias significativas entre las muestras

($p \leq 0,05$), con valores de F (similitud entre las medias aritméticas) de 5332,15 y 371717,60, respectivamente, que indican que todas las empresas utilizan procesos de elaboración distintos. La mayor parte de las muestras se encuentran dentro del límite permitido por la NTC 4566 (Icontec, 2008), que establece un valor permitido de 50-200 mg/Kg de nitritos, a excepción de SchAL, SchGL y SchOL y por tanto, no son aptas para el consumo humano (Honikel, 2008; IARC, 2010); sin embargo, todas las muestras presentaron el mínimo contenido de nitritos para proteger el embutido de bacterias como la Clostridium botulinum (ACSA, 2010). El contenido de almidón, estipulado por la NTC 1325 (Icontec, 2008) con un máximo del 10%, es cumplido por todas las muestras, a excepción de SchGL, lo cual indica que se utilizó más almidón del permitido, lo cual altera la calidad del producto.

CONCLUSIÓN

Por calentamiento hay formación de N-nitrosaminas y por ende, pérdida del 13% en el contenido de nitritos, por ello, es posible que la muestra SchSA, esté por encima del rango permitido y no sea inocua. La muestra SchGL no cumplió con la normativa existente para ambos parámetros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de Química de la Universidad del Cauca por permitir el desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ACSA. 2010. Declaración sobre los nitritos en productos cárnicos. <http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir3164/doc33120.html>. 12p.; consulta: febrero 2014.
- Aurora, M., J. Navarro and M. Navarro. 2006. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science* 75(4): 660-673.
- Biesalski, H.K. and P. Grimon. 2007. Pocket atlas of nutrition. 1 ed. Médica Panamericana S.A. Madrid (España). 284p.
- Honikel, K. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 78(1-2): 68-76.
- Hoyos, O.L. y P.E. Veléz. 2007. Análisis de alimentos. Manual de prácticas de laboratorio. 1 Ed. Universidad del Cauca. Popayán (Colombia). pp. 45-55.
- IARC. 2010. Monographs on the evaluation

of carcinogenic Risks to Humans. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol94/mono94.pdf>. 464 p.; consulta: febrero 2014.

ICONTEC. 2008. ICONTEC 1325: Norma técnica colombiana 4565 y 4566, Industrias alimentarias de productos cárnicos procesados no enlatados (Colombia): 14 p.

ISO. 2011. Norma ISO 2918-1975, meat and meat products. Determination of nitrite contents. Ginebra: 3 p.

Luiz, V., L. Pezza and H. Pezza. 2012. Determination of nitrite in meat products and water using dap sone with

combined spot test/diffuse reflectance on filter paper. Food Chemistry 135(4): 2546-2551.

Ranken, M. D. 2003. Handbook of meat product technology. 1 ed. Blackwell science. Londres. pp. 59-60.

Soares, S., J.S. Amaral, B.P Oliveira and I. A. Mafra. 2013. SYBR green real-time PCR assay to detect and quantify pork meat in processed poultry meat products. Meat Science 94(1): 115.

SPSS. 2011. IBM COMPANY. Statistics 19. Copyright Inc.

Análisis Multivariado para Evaluación Productiva de Conejos en Canal

Multivariate Analysis for Evaluating Productive Rabbits in Canal

Luz Mercedes Botero A.¹; Melba Liliana Vertel M.²; Sergio Montoya B.³

¹ Zootecnista, Grupo de Investigación Biodiversidad Tropical, Universidad de Sucre. E-mail: luz.botero@unisucra.edu.co.

² Profesor Titular, Grupo de Investigación Estadística y Modelamiento Matemático aplicado, Universidad de Sucre. E-mail: melba.vertel@unisucra.edu.co.

³ Estudiante, Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. E-mail: semontoyabo@unal.edu.co.

Resumen. Se evaluó el rendimiento en canal (RC) y demás componentes (sangre, piel, vísceras rojas y blancas, patas, cabezas-extremidades) de *Oryctolagus cunicula* (conejo doméstico) de diferentes cruces con un porcentaje mayor de 50% de Nueva Zelanda Blanco. Se estudiaron variables e índices de producción para diferentes cruces de conejos. Se utilizó un diseño completamente al azar para cuatro (4) tratamientos: T1. Nueva Zelanda (NZ), T2. NZ x Mariposa (M), T3. NZ x Ruso Californiano (RC) y T4. NZ x Chinchilla (Ch). Se tomaron gazapos con diferentes condiciones fenotípicas, de 35 días de edad promedio, con peso promedio inicial de 640 ± 138 gramos, distribuidos al azar. El análisis estadístico realizado fue de tipo descriptivo (promedio y SD) e inferencial (prueba t de Student para dos grupos –género-) para variables productivas, análisis de varianza y prueba de comparación de tratamientos Tukey para índices de producción. Las relaciones estadísticas entre variables productivas e índices de producción fueron determinadas mediante el método multivariado análisis en componentes principales (ACP). No hubo diferencias entre machos y hembras para las variables: peso vivo, peso en canal, piel, vísceras rojas y sangre al nivel del 5% de significancia, siendo mayores en las hembras las variables canal sin grasa, vísceras blancas y cabeza-extremidades. El cruce de los conejos no muestra efectos significativos para las variables e índices de producción.

Palabras clave: Análisis en componentes principales, cunicultura, nutrición, raza Nueva Zelanda Blanco, rendimiento en canal.

Abstract. Yield of carcass (RC) and other components (blood, skin, red and white viscera, legs, heads, and limbs) were evaluated in different crosses of *Oryctolagus Cunicula* (domestic rabbit) with at least 50% of New Zealand White. Variables and production rates were studied for different crosses of rabbits. A completely randomized with four (4) treatments design was used. Young rabbits with different phenotypic conditions, 35 days old on average, with average initial weight of 640 ± 138 g, randomly distributed were used. The statistical analysis was descriptive (mean and SD) and inferential (Student's t test for two groups) of production variables, analysis of variance and Tukey's test for comparison of treatment production rates. The statistical relationships between production variables and production rates were determined by multivariate method principal component analysis (PCA). No differences were found between males and females for the variables: body weight, carcass weight, skin, red viscera and blood at the 5% level, whereas females had higher values for fat-free carcasses, white viscera and head - extremities. The race/genetic make-up of the rabbits had no effect on the measured variables and production rates.

Key words: Principal component analysis, breeds of rabbits, nutrition, New Zealand White breed, carcass yield.

INTRODUCCIÓN

La cunicultura es una actividad pecuaria de baja que se dedica al proceso de reproducción, cría y engorde de conejos para obtener el máximo beneficio en la venta de sus productos y subproductos. El mayor productor mundial es China (Marto, 2012), mientras que en el 2009 en Colombia estimo un inventario de 255,993 animales. La carne de conejo es un producto cuyas características resultan benéficas para el consumo humano, por ser rica en proteína, vitaminas y minerales, de fácil digestibilidad, bajo contenido de calorías y con bajos porcentajes de materia grasa y colesterol (Hernández, 2008). El conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) no es una especie que se maneje mucho en la región Caribe. Sin embargo, el silvestre es cazado, ahumado y tiene buena aceptación en los mercados informales. La calidad y precio de la carne depende de las características de la canal y esta a su vez de las características de los conejos en pie. Existen pocos registros de la caracterización de la carne de conejo y su evaluación como materia prima para la elaboración de productos derivados cárnicos tales como jamón y salchicha que presenta rendimientos comparables con otras especies (Martínez y Vásquez, 2001). Por tal motivo, se convierte en una alternativa viable para imprimirle valor agregado a la actividad cunicola. El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis multivariado para evaluar productividad de conejos en canal teniendo en cuenta que la finalidad es la producción de carne de conejos domésticos de cruces con un porcentaje mayor de 50% de Nueva Zelanda Blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo fueron utilizados 85 conejos domésticos, de diferentes cruces con un porcentaje mayor de 50% de Nueva Zelanda Blanco, 44 machos y 41 hembras, los cuales permanecieron en El Vivar ubicado en la granja El Perico, Universidad de Sucre, municipio de Sampués, Sucre-Colombia. Los conejos destetados a los 35 días de edad, fueron ubicados por grupo y por sexo en jaulas metálicas a una densidad de 16 gazapos/m², en ellas tenían un chupo dispensador de agua, un comedero tipo tolva para el granulado comercial, y sobre la jaula se ponía el forraje. Fueron alimentados con una dieta mixta de 300g de balanceado comercial/día/grupo y follaje fresco oreado a voluntad de *Guazuma ulmifolia* (guácimo). Trascurridos 70 días en etapa de ceba para finalizar en sacrificio (desnucado, degollado, desollado, evisceración verde, evisceración roja, inspección de la canal) se tomó el peso vivo (PV) con un tiempo de ayuno de 24 horas y el peso de la canal para calcular el rendimiento en canal (RC). Posterior, al sacrificio se realizaron pesajes de cabeza-extremidades (manos, patas), piel, vísceras blancas (intestinos, ciego y estómago), vísceras rojas (corazón, hígado, pulmones y riñones) y sangre. Se utilizó un diseño completamente al azar (Tratamientos: T1. Nueva Zelanda (NZ), T2. NZ x Mariposa (M); T3. NZ x Ruso Californiano (RC) y T4. NZ x Chinchilla (Ch); con diferentes repeticiones) para evaluar variables de producción e índices de producción. El análisis estadístico realizado fue de tipo descriptivo (promedio y SD) e inferencial (prueba t, análisis de varianza y prueba

Tabla 1. Medidas descriptivas de variables e índices productivas para cruces de conejos.

Variables productivas (g)	NZ (n=41)	NZ x M (n=12)	NZ x RC (n=6)	NZ x CH (n=26)	General
Peso Vivo	2236,7±412,9	2811,7±1204,0	2316,7±329,7	2193,2±340,0	2310,2 ± 595,6
Canal	1196,3±256,0	156,7±706,8	1224,2±270,0	1233,2±249,1	1260,4 ± 366,5
Canal sin grasa	1122,5±216,1	1473,9±713,1	1189,5±234,7	1142,7±183,1	1183,0±341,3
Piel	259,7±69,3	293,7±96,2	266,7±78,5	246,0±52,4	260,8±70,1
Vísceras rojas	126,7±36,0	96,4±24,9	148,3±47,1	113,2±40,2	119,8±39,0
Vísceras blancas	371,6±99,3	467,3±349,5	390,0±135,5	350,2±83,4	379,9±18,9
Cabeza-Extremidades	316,7±61,4	324,2±83,8	365,8±31,7	296,1±61,3	314,9±64,8
Índices productivos (%)	NZ (n=41)	NZ x M (n=12)	NZ x RC (n=6)	NZ x CH (n=26)	General
En canal	0,50±0,05	0,51±0,04	0,52±0,06	0,54±0,06	0,52±0,06
Vísceras rojas	0,06±0,02	0,05±0,03	0,06±0,02	0,07±0,09	0,06±0,05
Piel	0,12±0,02	0,12±0,02	0,12±0,03	0,12±0,03	0,06±0,05
Desperdicios	0,37±0,06	0,34±0,06	0,39±0,07	0,36±0,07	0,37±0,07

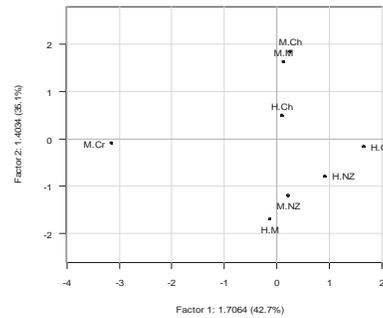
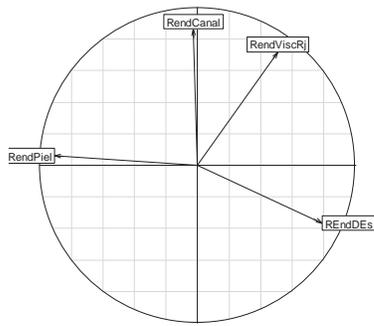


Figura 1. Primer plano factorial del Análisis en componentes principales de índices productivos (variables) de conejos relacionados a cruce x sexo (individuos).

de comparación de tratamientos) al 5% de significancia. Las relaciones estadísticas entre variables productivas e índices de producción fueron determinadas mediante utilizando análisis en componentes principales (ACP). El análisis estadístico fue realizado en el software R (R Development Core Team, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, muestra estadísticas descriptivas (media y SD) de cada cruce y del grupo en general. Los resultados estadísticos mostraron que no hubo diferencias significativas entre sexos para las variables productivas: peso vivo y en canal, piel, vísceras rojas, vísceras blancas, cabeza-extremidades, sangre; mientras que si hubo diferencias a favor de las hembras para las variables: peso en canal sin grasa, vísceras blancas y cabeza-extremidades.

Las variables de producción no presentaron normalidad, y el ANOVA no paramétrico (Kruskal-Wallis) no mostro efectos significativos al 5% para cruces de conejos. Los índices de producción presentaron normalidad y no mostraron diferencias significativas al 5% para los diferentes cruces de conejos. Esto muestra que los cruces estudiados presentan igual productividad cuando se mide en canal. Al realizar el análisis en componentes principales (ACP) para relacionar todas las variables productivas mostro que los conejas hembras del cruce NZ con Mariposa (M) y los machos con Ruso Californiano (RC) los cuales tienen tendencia a valores promedios más altos para la producción de peso en canal con y sin grasa, vísceras blancas y piel. Mientras que al relacionar índices de producción, los mayores valores los presentaron los machos del cruce NZ x M y NZ x RC para rendimiento de vísceras rojas y rendimiento en canal (Figura 1).

CONCLUSIÓN

El promedio general del peso vivo de los conejos sobrepasa los valores reportados por Martínez & Vásquez (2001),

señal de buenos resultados productivos. Las variables e índices productivos por individual no presentaron diferencias estadísticas, aunque al relacionarlas si se mostraron mejores índices de producción para conejos machos y cruces con la raza Nueva Zelanda (NZ), esto significa que se debe aprovechar al máximo este comportamiento, teniendo en cuenta que la raza NZ es la más difundida en Colombia y además la más conocida en cuanto a factores de producción. La transformación de la carne de conejo para la elaboración de productos cárnicos presenta rendimiento en canal del 52% comparable con otras especies domésticas, por tal motivo se convierte en una alternativa viable para imprimirle valor agregado a la cunicultura. Los conejos fueron alojados en grupo por jaula, y recibieron alimentación mixta, razón por la cual no fue posible determinar la relación de conversión alimenticia.

AGRADECIMIENTOS

A todos los estudiantes de la asignatura producción de Conejos Zootecnia de la Universidad de Sucre.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, P. 2008. La carne de conejo como alimento funcional. Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia 46022.
- Martínez, R., R. Vásquez. 2001. Comparación de rendimientos productivos en conejos Nueva Zelanda y Chinchilla. Elementos 1: 9–15.
- Marto, JR. 2012. Situación actual del sistema de producción cunícola en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, U. Autónoma de Chiapas, México. 88 p.
- R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>.

Presencia de Nutrientes Trazadores de Riesgo para la Salud en Alimentos Consumidos por Escolares de Medellín

Presence of Health Risk Nutrient Tracers in Food Consumed by Schoolchildren in Medellin

Luz M Arboleda M¹, John Edison Velásquez V², Catherine Zuluaga G², Daniela Varela A², Laura Rodríguez M²

¹ Docente Escuela de Nutrición y dietética, Universidad de Antioquia, Magister, Candidata a doctora en Ciencias Sociales; e-mail: luzmar.arboleda@gmail.com

² Estudiantes de Nutrición y Dietética- Escuela de Nutrición, U de A.

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue identificar la cantidad de carbohidratos, azúcares, grasas saturadas y sodio, presentes en los snacks, tortas, galletas y barras de cereal, dulces y bebidas azucaradas consumidos por los escolares de Medellín. Se realizó un estudio descriptivo transversal en el cual se determinó el contenido de nutrientes trazadores de riesgo para la salud en los alimentos disponibles en las tiendas escolares. Se analizaron un total de 130 productos: 38 snacks, 17 dulces, 44 tortas, galletas y barras de cereal, y 31 bebidas azucaradas, en su presentación comercial. Estos alimentos fueron seleccionados para este estudio por su alta disponibilidad en las tiendas escolares de la ciudad de Medellín. Se encontró que los productos con mayor contenido de sodio son el grupo de alimentos de snacks y el mayor contenido de azúcares y carbohidratos se encuentra en las bebidas azucaradas, seguido por el grupo de galletas, ponqués y las barras de cereal, siendo este último grupo de alimentos el que mayor contenido en grasas saturadas presenta.

Palabras clave: Recomendaciones nutricionales, requerimientos, grupos de alimentos, disponibilidad

Abstract: Objective: To identify the amount of carbohydrates, sugars, saturated fats and sodium present in the snacks and sugary drinks consumed by schoolchildren in Medellin. A descriptive cross-sectional study in which tracer nutrient content of health risk in food available in school stores. A total of 130 products were analyzed: 38 snacks, 17 sweet 44 cakes, cookies and cereal bars, and softdrinks 31. These foods were selected for this study because of its high availability in school stores Medellin. We found that products with higher sodium content are the snack food group and the highest content of sugars and carbohydrates found in softdrinks, followed by the group of biscuits, cakes and cereal bars, and this last group of foods that higher saturated fat content presented.

Key words: nutritional recommendations, requirements, food groups, availability

INTRODUCCIÓN

La población colombiana ha experimentado en las últimas décadas notables cambios en sus hábitos alimentarios; esto se evidencia en la ENSIN 2010, (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), 2010), donde se puede identificar la modificación en los hábitos alimentarios que enfrenta la sociedad, donde se fomenta el consumo de alimentos precocidos, poco elaborados o hechos fuera de casa (Cruz, 2012). Lo anterior se presenta por la dinámica social establecida, en la cual las mujeres permanecen menos tiempo en los hogares, muchos de los miembros de las familias estudian y trabajan, disminuyendo el tiempo dedicado a la familia y a la alimentación (Cruz, 2012). Lo anterior ha dado cabida para que la industria de alimentos sea la que provea al consumidor de productos casi listos para el consumo, convirtiéndose en una opción práctica a la hora de pensar en qué comer. Dichos productos alimentarios han presentado transformaciones a nivel industrial buscando su conservación por más tiempo y el realce de sus propiedades organolépticas; para lo cual les adicionan cantidades considerables, y excesivas, de sodio, grasas trans y saturadas, y azúcares, entre otros nutrientes, los cuales están conllevando a aumentar la prevalencia de obesidad, diabetes, cáncer y enfermedades cardiovasculares (Zamorano *et al.*, 2010, Olivares *et al.*, 2011). La ciudad de Medellín no ha sido la excepción, la modernidad alimentaria presente en ella ha conllevado al cambio de hábitos alimentarios en el ámbito familiar como en el escolar, entre estos el aumento en el consumo de alimentos procesados y pre-cocidos, por su facilidad para la preparación y para el consumo (Monteiro *et al.*, 2010). La industria de alimentos ha centrado su atención en la niñez para ofrecerle alimentos adecuados para su edad y sus gustos. La investigación Alimentación en las tiendas escolares de Medellín-2012, identifica la gran oferta de estos productos en las instituciones educativas (Arboleda *et al.*, 2012). El

consumo de estos productos implica un riesgo para la salud pública, especialmente para los escolares, pues los snacks tienen alto contenido de nutrientes trazadores de riesgo para la salud como sodio, grasas trans y saturadas y azúcares (Jansen *et al.*, 2007), por consiguiente, se hace indispensable indagar y precisar sus consecuencias para la salud, lo cual será útil e indispensable para el diseño y direccionamiento de políticas públicas en el campo alimentario. Identificar el contenido de carbohidratos, azúcares, grasas saturadas y sodio, en los grupos de alimentos más consumidos por los escolares de Medellín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio descriptivo transversal, que buscó identificar aquellos snacks, dulces, galletas, tortas y barras de cereales, y bebidas azucaradas que más contenido de sodio, azúcar y grasas saturadas aportan en su presentación comercial (que es la que consumen los escolares), el análisis se realizó de acuerdo a lo declarado en el etiquetado nutricional. Se analizaron un total de 130 productos alimentarios: 38 snacks, 17 dulces, 44 tortas (tortas, galletas y cereales), y 31 bebidas azucaradas, los cuales fueron identificados por observación en el trabajo de campo de la investigación Alimentación en las tiendas escolares de Medellín¹, realizada en el 2012, en las tiendas escolares de 169 instituciones educativas, 38% de carácter privado y 62% de carácter público.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al contenido de carbohidratos (CHO'S) se encontró que en el grupo de los snacks, los empaquetados mixtos con sabor a limón, empanada y chicharrón carnudo, son los productos que mayor contenido de este nutriente presenta, con un promedio en el aporte de 8,86% del valor diario establecido (VD²). En el caso del grupo de los dulces, los confites de chocolate y con relleno, los de textura suaves, son los que más CHO'S contienen (9,3% en promedio de VD). Las bebidas azucaradas aportan, en promedio, un 15,3% del VD, principalmente productos como: los jugos con sabor a mango y mora, y gaseosa con sabor a manzana. En el grupo de Las tortas, son los ponqués de sabor a chocolate y arequipe, y las galletas de chocolate, las que más CHO'S aportan, entre un 8% y 13% en promedio del VD. En cuanto a la grasa saturada (Gs), son los empaquetados múltiples con sabor a empanada y limón, los que más la contienen, con un aporte de 31,6%

1 Esta investigación fue financiada por la secretaría de salud de Medellín, y desarrollada por la Universidad de Antioquia.

2 VD: determina la relación entre la cantidad del nutriente presente en una porción de alimento. (11)

en promedio del VD. El grupo de los dulces como los confites de chocolate y con relleno, aportan el 38,3% en promedio del VD de Gs. Entre las tortas se encontró que las tortas cubiertas de chocolate, tienen un aporte promedio de 46,6% del VD de Gs. Azúcares: (Este componente no presenta VD). La mayoría de snacks están exentos de azúcares; los dulces, contienen gran cantidad, siendo los de chocolate y con relleno los que mayor contenido presentan (la cantidad varía entre 18g y 28g de azúcar). Las bebidas azucaradas también tienen un alto contenido de azúcares, y son las gaseosas con sabor a manzana, y los jugos con sabor a mango y a mora los que más la contienen, entre 30g y 58g en la porción de presentación. Los ponqués de chocolate y arequipe tienen un aporte de 27g a 36g de azúcar en su porción comercial. Finalmente, se encuentran los productos con alto contenido de Na, de los cuales, los snacks son los productos con mayor contenido, específicamente los empaquetados múltiples sabor a limón (en promedio 19% del VD). En cambio, los dulces tienen bajo aporte de sodio, pero los de chocolate son los que más aportan de este grupo (4,5% del VD de Na). Las bebidas azucaradas también presentan un bajo aporte de sodio, pero en este grupo, los jugos con sabor a naranja y mango y las bebidas sabor a durazno son los que más sodio contienen (4,3% en promedio del VD de Ni). En cuanto al grupo de tortas; son las galletas sabor a queso y a arequipe y los ponqués con relleno, los productos que más aportan Ni, 14% del VD en promedio.

Se compararon las DRI (Velásquez, 2006), con los valores de referencia de la Resolución 333 que reglamenta el Rotulado nutricional (Ministerio de Protección Social, 2011) (Tabla1).

Tabla 1: Comparación de Recomendaciones de CHO, grasa saturada y Ni en la Resolución 333 y las DRI

Nutriente	Resolución 333	DRI
Edades	4 en adelante y adultos	9-13 años
Carbohidrato	300g	130g
Grasa saturada	Menos de 20 g	<10% VCT
Sodio	Máximo 2400mg	1400 mg grupo de 9 a 13 años. 1200 mg grupo de 4-8 años.

Fuente: Resolución 333 (Ministerio de Protección Social, 2011).

Hay marcadas diferencias en las recomendaciones de ingesta de CHO, Ni y grasa saturada al comparar ambos parámetros. Las referencias DRI son más específicas y establecen diferencias de acuerdo al grupo de edad; la Resolución 333 (Ministerio de Protección Social, 2011), por su parte, solo establece

dos grupos de edad, generalizando las recomendaciones nutricionales desde los 4 años de edad en adelante, lo cual permite el consumo de gran cantidad de dichos nutrientes para población escolar (ICBF. 1999). Al analizar las bebidas azucaradas específicamente, se encuentra que estas (300g comercial) aportan en promedio 47g de CHO'S, y al comparar el % de VD de aporte según las DRI, estos corresponden al 36% del VD, y según la Resolución 333, al 15,7%. Con las grasas saturadas se presenta una diferencia marcada, por ejemplo las galletas aportan en promedio 9,3 g de grasa saturada de acuerdo a la etiqueta nutricional, según la Resolución 333 dichos valores están dentro del parámetro de recomendación y por consiguiente no representarían riesgo para la salud; pero al analizar dicho promedio por las DRI, y analizarlo para un escolar de 7 años que tiene requerimientos de 1790 calorías, la grasa saturada de este grupo representaría el 47% del VD, es decir, que cubriría la mitad del requerimiento de un día. En el caso del sodio se presenta la principal y más preocupante diferencia, ya que según las DRI (Velásquez, 2006), el consumo recomendado de este nutriente en los escolares de 9 a 13 años es de 1500mg, y la Resolución 333 (Ministerio de Protección Social, 2011) permite un consumo de hasta 2400mg, lo cual es una diferencia marcada. De acuerdo a los análisis realizados, los snacks aportan gran cantidad de sodio, y según las DRI (Velásquez, 2006), corresponden al 30,4% del VD, y según la Resolución 333, al 6,5% de la recomendación.

CONCLUSIÓN

Los alimentos con mayor contenido de sodio son los snacks; de azúcar y carbohidratos, las bebidas azucaradas, seguido por galletas, siendo este último grupo de alimentos el que mayor contenido de grasa saturada presenta.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN), 2010. Bogotá, Colombia, 2011.
- Cruz C. Consumo Alimentario: Causas y consecuencias para la salud. El Boletín [Consultado el 20 de Enero de 2014]. Disponible en: <http://www.rebellion.org/docs/145589.pdf>
- Zamorano. M., E. Guzmán y J. Ibáñez. Estudio del consumo y aporte nutricional de bocadillos en escolares de la región metropolitana de Chile. Rev. chil. nutr. [Internet]. 2010 Dic [Consultado el 20 de enero de 2014]; 37(4): 439-445. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071775182010000400004&lng=es
- Olivares S., L. Lera, M. Mardones, J. Araneda, N. Bustos y M. Olivares, *et al.* Investigación Promoción de alimentos y preferencias alimentarias en escolares chilenos de diferente nivel socioeconómico. ALAN [Internet]. 2011 Jun [Consultado el 20 de enero de 2014]; 61(2): 163-171. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000200008&lng=es.
- Monteiro. C., R. Bertazzi, R. Moreira, I. Ribeiro de Castro and G Cannon. Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil. Public Health Nutrition. 2010;(14):5-13
- Arboleda L.M., B.E. López, M.O. Ciro, y, Y. Obando, Alimentación en las tiendas escolares de Medellín en 2012 disponibilidad y consumo de alimentos. Medellín: Divergráficas; 2012.
- Jansen E., S. Mulken, and A. Jansen. Do not eat the red food: Prohibition of snacks leads to their relatively higher consumption in children. Appetite. 2007. (49):572-577
- Velásquez G. Fundamentos de alimentación saludable. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2006.
- Ministerio de la protección social Colombia. 2001. Resolución 333 de 2011 Por la cual se establece el reglamento técnico sobre alimentos para consumo humano adicionados con nutrientes esenciales. Diario oficial, 47984 (Feb 15, 2011)
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Guías alimentarias para la población Colombiana mayor de 2 años. Bogotá, Colombia, 1999.
- FDA. [Internet]. U.S. Food and Drug Administration, Protecting and Promoting your Health. [Consultado el 20 de Enero de 2014]. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247936.htm>

Evaluación Microbiológica de Carne Obtenida en Mataderos de Manabí-Ecuador en Dos Épocas del Año.

Microbiological Evaluation of Meat from Slaughterhouses in Manabí-Ecuador in Two Seasons.

Hipatia Delgado Demera¹, Carlos Alfredo Cedeño² Alejandra Villoch Cambas³.

¹ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, hipatiademera@hotmail.com.

² Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Zootécnicas, cedenoca@hotmail.com.

³ Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, villoch@censa.edu.cu

Resumen. Se investigó la calidad microbiológica de carne en mataderos municipales en Manabí. Se obtuvieron muestras de carne de cinco mataderos municipales, en época de invierno e verano. Las muestras se obtuvieron de acuerdo con la norma establecida, (ISO N° de Referencia 17604-2003). A cada muestra se le determinó la concentración de ufc/g según corresponde el método de ensayo: Conteo total de Aerobios mesófilos, **Salmonella spp**, **E. coli**, Coliformes totales, **Coliformes fecales y Staphylococcus aureus**. En ninguna de las muestras estudiadas se aisló **S. aureus y Salmonella spp**. En invierno se encontraron las mayores concentraciones de microorganismos; en esta época, las concentraciones de mesófilos estuvieron entre $3,59 \times 10^5$ hasta $4,14 \times 10^3$; los coliformes totales entre $6,30 \times 10^4$ hasta $1,12 \times 10^2$; los coliformes fecales entre $1,20 \times 10^4$ hasta 64 ufc/g; y los **E. coli** entre $5,57 \times 10^3$ hasta 0. En verano, las contaminaciones fueron menores estadísticamente que en el invierno con concentraciones de los mesófilos entre $2,30 \times 10^4$ hasta $4,8 \times 10^2$; los coliformes totales entre $3,48 \times 10^2$ hasta 6 ufc/g; los coliformes fecales entre $1,47 \times 10^2$ hasta 6 ufc/g; y los **E. coli** entre $0,84 \times 10^2$ hasta 0. Se encontró que uno de los factores que más influyó en la contaminación fue el tamaño de los mataderos, los mayores tuvieron más contaminaciones a pesar de estar mejor tecnificados y con personal más capacitado. La diferencia entre época pudo deberse a la mayor limpieza con que arribaban los animales a los mataderos y las mejores condiciones del entorno de estos establecimientos.

Palabras clave: Higiene, microbiología, buenas prácticas, contaminación, alimento, sanidad.

Abstract. The microbiological quality of meat in municipal slaughterhouses in Manabí was investigated. Meat samples from five municipal slaughterhouses were obtained in summer and winter time. Samples were obtained according to established [6]. Each sample was determined the concentration of cfu / g as appropriate test method: Total Aerobic mesophilic count, **Salmonella spp**, **E. coli**, total coliforms, **fecal coliforms** and **Staphylococcus aureus**. In none of the samples studied *S. aureus* and *Salmonella*

spp was isolated. In winter the highest concentrations of microorganisms were found at this time, concentrations mesophilic were between 3.59×10^5 to 4.14×10^3 , total coliforms between 6.30×10^4 to 1.12×10^2 ; fecal coliforms between 1.20×10^4 to 64 ufc/g, and **E. coli** between $5,57 \times 10^3$ to 0. In summer, the contaminations were statistically lower than winter concentrations of mesophilic between 2.30×10^4 to 4.8×10^2 , total coliforms between 3.48×10^2 to 6 ufc/g, fecal coliforms between 1.47×10^2 to 6 ufc/g, and **E. coli** from 0.84×10^2 to 0. It was found that one of the factors that most influenced the contamination was the size of slaughterhouses, because despite being better technically advanced and more trained staff were the most pollution. The difference between seasons can be due to increased cleaning that arrived animals to slaughterhouses and best environmental conditions of these establishments.

Key words: Hygiene, Microbiology, best practices, pollution, food, health.

INTRODUCCION

La carne vacuna es un alimento muy nutritivo que forma parte de la tradición culinaria de muchos países dentro de los que se encuentra Ecuador, donde existen 4 486 020 cabezas de ganado (Censo Nacional Agropecuario, 2000). Sin embargo, si los procesos de obtención no son adecuados pueden ocasionar perjuicio a los consumidores por constituirse en fuente de las conocidas "enfermedades transmitidas por los alimentos" (ETAs) (Bibek Ray, 2010).

La evaluación que se hace de la inocuidad de los alimentos y de su aptitud para el consumo humano se realiza también a través del cumplimiento del criterio microbiológico designado para el producto en cuestión, puede referir la ausencia de patógenos u otras de las formas, lo que está directamente relacionado con la aplicación de Buenas Prácticas de Higiene (Bibek Ray, 2010). Para la obtención de carnes de calidad e inocuas es necesario un faenado con el cumplimiento de Buenas Prácticas de Higiene (Codex Alimentarius, 2005). Dentro de los requisitos fundamentales que se solicitan por varias de las guías redactadas para el faenado (LEY DE

MATADEROS N°502-c, 2003). Se consideran que las condiciones de los animales en cuanto a salud e higiene, la preparación de los operarios y veterinarios a cargo de las inspecciones y la calidad de las instalaciones y tecnologías que emplean. Sin embargo, en muchos de los mataderos municipales de la provincia de Manabí, existen dificultades con las instalaciones, tecnologías y preparación del personal, que puede afectar la higiene de las canales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad microbiológica de las carnes obtenidas en mataderos de la provincia Manabí en Ecuador cuya variable fue la época del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco mataderos municipales de la provincia de Manabí-Ecuador. Según su ubicación geográfica se codificaron en: norte (1), oeste (2), sur (3), centro (4) y este (5). Los mataderos 1 y 2 son considerados como grandes debido a una mejor infraestructura y al número de reses que se faenan semanalmente (100 a 120 animales) y los restantes como pequeños (5 a 20 animales). Se realizaron dos muestreos, que corresponden a la época de invierno y verano. Caracterizado el invierno como un período lluvioso y el verano como una época de sequía con temperaturas ambientales

similares. En el invierno, cuando se realizó el experimento, hubo una precipitación total de 1543,4 mm con un promedio de 257,23 mm dado en un intervalo de 37,2mm en el mes que llovió menos y 474 mm en el mes de mayores precipitaciones. En el verano estudiado las precipitaciones totales fueron 96,6mm con un promedio de 16,1 mm en un intervalo de 0 en el mes de menos lluvia y de 83,9 en el mes de más lluvia. Las temperaturas en ambas épocas oscilaron entre 29,9°C (máxima) y 21,8°C (mínima), (Estación Meteorológica, 2013). En este experimento se tomaron muestras de las canales después de la evisceración utilizando el método destructivo. Los puntos de muestreo de la carne fueron cuatro: el pecho, detrás de la cruz, flanco e ingle del flanco, (ISO N° de Referencia 17604-2003). Se muestrearon 10 animales en los mataderos grandes y 5 animales en los mataderos pequeños. En total fueron 35 muestras en el verano y 35 muestras en el invierno.

Todas las muestras fueron trasladadas en varios tiempos pero siempre a 2°C en una nevera con temperatura controlada, para ser analizadas en el laboratorio acreditado. Las muestras se procesaron antes de las 24 horas de haber sido obtenidas (ISO N° de Referencia 17604-2003).

Tabla 1. Concentraciones de microorganismos detectados en los cinco mataderos en las muestras tomadas en la época de invierno.

Matadero	Concentración de microorganismos (Media UFC/g ± E.E)			
	Mesófilos	Coliformes totales	Coliformes fecales	E. coli
1	4,14x10 ³ ± 0,93x10 ³ d	1,12x10 ² ± 0,33 x10 ² c	64 ± 23,1 c	0 c
2	8,94x10 ³ ± 4,02x10 ³ d-c	1,19x10 ³ ± 1,00x10 ³ b-c	3,76x10 ² ± 2,37x10 ² c	50 ± 21,9 b-c
3	1,59x10 ⁴ ± 0,24x10 ⁴ b-c	4,28x10 ³ ± 1,26x10 ³ b	2,43x10 ³ ± 0,68x10 ³ a-b	6,10x10 ² ± 1,11x10 ² a
4	4,70x10 ⁴ ± 4,68x10 ⁴ b	8,21x10 ³ ± 5,36x10 ³ b	9,22x10 ² ± 4,41x10 ² c-b	6,80x10 ² ± 2,22x10 ² a
5	3,59x10 ⁵ ± 1,57x10 ⁵ a	6,30x10 ⁴ ± 2,25x10 ⁴ a	1,20x10 ⁴ ± 0,63x10 ⁴ a	5,57x10 ³ ± 4,61x10 ³ a

Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05)

Tabla 2. Concentraciones de microorganismos detectados en los cinco mataderos en las muestras tomadas en la época de verano.

Matadero	Concentración de microorganismos (Media UFC/g ± E.E)			
	Mesófilos	Coliformes totales	Coliformes fecales	E. coli
1	1,31x10 ⁴ ± 0,89x10 ⁴ b	1,92x10 ² ± 1,55x10 ² a-b	64 ± 54,55 a	0,75x10 ² ± 0,71x10 ² b
2	4,80x10 ² ± 1,71x10 ² a	6 ± 6 a	6 ± 6 a	0
3	7x10 ³ ± 4,67x10 ³ b-c	7 ± 3,67 a	5 ± 3,42 a	0
4	2,30x10 ⁴ ± 1,20x10 ⁴ b-c	3,48x10 ² ± 1,92x10 ² b	16 ± 9,45 a	0
5	2,23x10 ⁴ ± 0,90x10 ⁴ c	2,18x10 ² ± 0,75x10 ² b	76 ± 66,15 a	1,42x10 ² ± 0,63x10 ² b

Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05)

A todas las muestras se le realizaron los ensayos para determinar la concentración de los siguientes microorganismos: Conteo total de Aerobios mesófilos (Método PEE/CESECCA/MI/19. Método de Referencia FDA/CFSAN/BAM CAP 3, 2006), *Salmonella* spp. (Método PEE/CESECCA/MI/04. Método de Referencia FDA/CFSAN/BAM CAP 5, 2006), *E. coli* (Método PEE/CESECCA/MI/02. Método de Referencia AOAC Ed. 18 2005 998.08), Coliformes totales (Método PEE/CESECCA/MI/10. Método de Referencia AOAC Ed. 18 2005 991.14), Coliformes fecales (Método PEE/CESECCA/MI/09 AFNOR. Método Validado 3M 01/ 2 09 89C) y *Staphylococcus aureus* (Método PEE/CESECCA/MI/03 AOAC Cap. 17.5.02 Official Method 975.55). Todos los resultados se expresaron en ufc/g.

Los datos obtenidos fueron transformados a log (x+1) y procesados mediante un estadígrafo simple y un Análisis de Varianza con Dócima de Duncan utilizando el programa SAS ver.9.0. Luego de obtenido los resultados volvieron a transformarse en ufc/g.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ninguna de las muestras estudiadas en las dos épocas, se aisló *S. aureus* y *Salmonella* spp. Esto fue muy apropiado porque se consideran patógenos de gran importancia para la salud de los humanos (Bibek Ray, 2010). Los resultados se pueden observar en la Tabla 1 y 2.

De manera general comparando los cinco mataderos en las dos épocas del año, como se observa en la tabla 1 y 2 se determinó que en invierno existe mayor concentración de microorganismos en las

canales, y que los mataderos 5 y 1 resultaron con la mayor y menor concentración de unidades formadoras de colonias respectivamente.

CONCLUSIÓN

La carne muestreada que proviene de los mataderos municipales de la provincia de Manabí, posee concentraciones de microorganismos que podrían afectar seriamente la calidad de ésta en la primera etapa de la cadena de producción, y en época invernal la situación podría agravarse por una mayor contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bibek Ray, A.B. 2010, Fundamentos de Microbiología de los Alimentos. Cuarta Edición, México: Mc Graw Hill. 352 p.
- Censo Nacional Agropecuario. Resultados nacionales con resúmenes provinciales CNA 2000. Base de datos censo agropecuario. http://inec.gob.ec/estadisticas/base_datos_censo_nacional_agropecuario_2000.zip diciembre 2013.
- Codex Alimentarius. Código de Prácticas de Higiene para la Carne. CAC/RCP 58/2005. 55p.
- Estación Meteorológica Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Recopilación de Datos registrados del 2013.
- LEY DE MATADEROS N°502-c. Honorable Junta Militar de Gobierno. Documento recopilado por Carlos Crespo. Division de Normalización del SESA. 2003.
- ISO N° de Referencia 17604-2003. International Standard NPH. 00757. Microbiology of food and animal feeding stuffs-carcass sampling for microbiological analysis British Standards. 14 p

Determinación de Ácidos Grasos Trans en Productos Fritos que se Expenden en la Ciudad de Barranquilla-Colombia

Trans Fatty Acid Determination in Fried Products Sold in Barranquilla City-Colombia

Oscar E. Cabarcas Núñez¹; José Rafael Vergara Soto²; Antonio L. Villalba Lago³; Andrés Felipe Suárez Escobar⁴; Alberto R. Albis Arrieta⁵; Sigifredo Cervera Cahuana⁶

¹ Ingeniero de Alimentos, M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla – Colombia, Km 7 Antigua vía a Puerto Colombia, oscarcabarcasjr@yahoo.com.

² Ingeniero agroindustrial, Facultad de Ingeniería Universidad del Atlántico, Barranquilla – Colombia.

³ Ingeniero agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla – Colombia.

⁴ Ingeniero Químico, PhD. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Jorge Tadeo Lozano - Bogotá

⁵ Ingeniero Químico, PhD. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla – Colombia.

⁶ Ingeniero Químico, M.Sc. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla – Colombia.

Resumen. Se cuantificó la cantidad de ácidos grasos trans (AGT), contenido en los principales productos de fritura (empanadas, caribañolas, buñuelos y papas rellenas) que se expenden en locales comerciales formales e informales en la Ciudad de Barranquilla. Se determinó que el contenido de AGT de las papas rellenas, las empanadas, las caribañolas, y los buñuelos fueron respectivamente 2,3%, 1,7%, 0,6%, 0,5%, superando en los dos primeros productos los valores de ingesta diaria de AGT sugeridos por la FAO.

Palabras claves: ácidos grasos trans, TFA, aceites, fritos, papas rellenas, empanadas, caribañolas, buñuelos, cromatografía de gases.

Abstract. The amount of trans fatty acids (TFAs), content in frying major products that are sold in formal and informal business in Barranquilla City (Colombia), was quantified. It was determined that the TFAs content of typical fried: empanadas, caribañolas, buñuelos y papas rellenas; were respectively 2.3%, 1.7%, 0.6%, 0.5%, exceeding the first two products the daily intake values of TFAs suggested by FAO.

Key words: Trans Fatty Acids, TFA, Oils, Fried, Potatoes Stuffed, Empanadas, caribañolas, buñuelos, gas chromatography.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares continúan siendo la principal causa de morbi mortalidad alrededor del mundo (OMS, 2008); estas enfermedades están relacionadas con el consumo de ácidos grasos trans (AGT) presente en los alimentos. Los AGT se definen, según la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (US-FDA, por sus siglas en inglés) como ácidos grasos insaturados que contienen uno o más dobles enlaces no conjugados en una configuración trans (Casimir, *et al.*, 2008)). Los AGT están presentes en una gran variedad de alimentos, tales como las frituras (OMS, 2008; Richter *et al.*, 2009; Kanner, 1994; Gebauer *et al.*, 2011). Son consideradores agentes precursores del cáncer y finalmente afectan la calidad causando olores y sabores desagradables en los productos (Saunders, 2008). Las grasas trans presentes en las frituras se producen por los efectos térmicos y las reacciones de hidrólisis, oxidación y polimerización de los ácidos grasos durante el proceso de freído. El propósito de este estudio fue determinar el contenido de los AGTs en 4 tipos de fritura: papas rellenas, empanadas, caribañolas y buñuelos, que se consumen en la ciudad de Barranquilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el censo de los puntos de venta de frituras formales e informales de la ciudad de Barranquilla, partiendo de los registros del Departamento de Planeación del Distrito de Barranquilla (2012) (Decreto 155 de 1993). Se obtuvieron y se manejaron según los

procedimientos de custodia y trazabilidad aceptados, tres unidades de cada tipo de fritura en los 20 puntos de venta aleatoriamente seleccionados para obtener el total de unidades de frituras. La extracción se realizó según el método 920.39 de la AOAC (18 Ed. 2011). El contenido total de AGT de cada una de las muestras fue determinado mediante análisis con un cromatógrafo GC Agilent modelo 7890A, con detector de ionización de llama (FID), detector de masa MSD, bajo el método 984.25 de la AOAC, (2011). Los experimentos fueron realizados por triplicado. La identificación y cuantificación de los ácidos grasos previamente esterificados, se realizó utilizando el estándar externo Supelco 37 FAME Mix USA (C14 – C22) y como estándar interno ácido metil heptadecanoico (C:17), a una concentración de 5,32 mg/mL. La diferencias significativas entre los sitios muestreados y los diferentes tipos de fritos, para cada una de las variables analizadas, se determinó mediante ANOVA Factorial ($p < 0,05$) utilizando como factores los locales de muestreo y el tipo de frito. Para la determinación de su contenido de AGT. Fueron tomadas muestras de 20mL del aceite de freír de cada recipiente de fritura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las muestras de aceites de los recipientes de freído, presentan un contenido de AGT de 45,7% w/w, se puede observar (Figura 1), que en 15 de los 20 sitios el contenido de AGT es mayor del 40%. Se determinó que la fritura con mayor adsorción de grasas fueron las papas rellenas (70%), seguida por los buñuelos (56%), empanadas (40%), y en menor proporción las caribañolas (25%). El contenido promedio de los ácidos grasos trans determinado en los productos fueron: las papas rellenas (2,3%) y las empanadas (1,7%), fueron significativamente más alto ($p < 0,05$) que el de las caribañolas (0,6%) y el de los buñuelos (0,5%).

Aplicando la correlación de Pearson se encontró que existe una correspondencia directa entre el contenido de grasa de los fritos y su contenido de AGT. Las empanadas y papas rellenas tuvieron valores usualmente mayores de 1% mientras que las caribañolas y buñuelos tuvieron valores menores de 1%. Se determinó a partir de los análisis de los cromatogramas la distribución de los principales

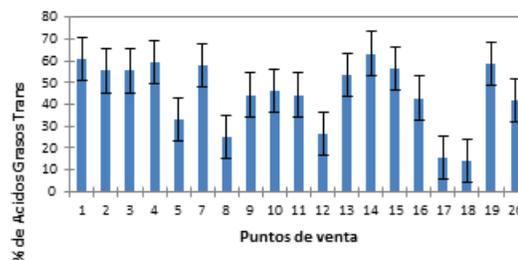


Figura 1. Identificación y cuantificación de los ácidos grasos trans en los sitios de muestreos.

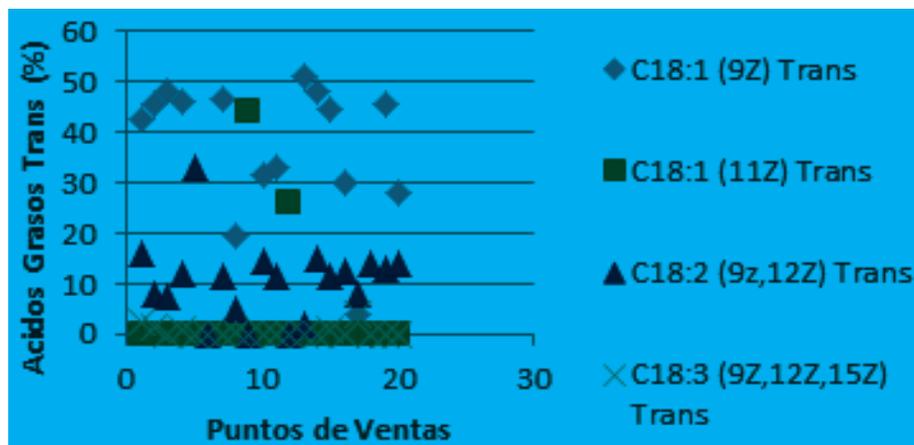


Figura 2. Tipos de ÁGT presente en los aceites de freír en cada uno de los sitios de muestreos.

ácidos grasos presentes en el aceites analizados: C18:1 Trans (Ácido Eláídico), C18:1 811z Trans, C18:2 Trans y C18:3 Trans. De estos ácidos grasos Trans, el ácido Eláídico (C18:1 Trans) tuvo una proporción significativamente mayor ($p < 0.05$) (31,75%) que los ácidos grasos C18:1 811z Trans, C18:2 Trans, C18:2 Trans (10,45%) y C18:3 Trans (0,48%). Estos resultados se presentan en la Figura 2.

CONCLUSIÓN.

Los fritos analizados en este estudio muestran que en promedio el contenido de ácidos grasos trans de las papas rellenas, las empanadas, las caribañolas y los buñuelos contenidos en la grasa de cada frito, son de 2,3%, 1,7%, 0,6% y 0,5%, respectivamente. Además se presenta una correlación directa entre el contenido de grasa de los fritos y su contenido de AGT. El contenido de grasas trans de una papa rellena o de una empanada que se consumen en la ciudad de Barranquilla, excede el límite máximo de ingesta diaria de grasas trans por persona recomendado por la FAO (1%) (OPS/OMS, 2008). Por lo tanto su consumo frecuente podría representar un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y asociadas.

BIBLIOGRAFÍA.

Alcaldía de Barranquilla (Colombia). Decreto 155 (23, marzo, 1993). Por el cual se fijan los linderos del Municipio de Barranquilla. Alcaldía de Barranquilla; 1993. N° 81. 67p.

Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) Official methods of analysis. (920.39) 18th Ed. The Association: Washington, D.C. Revised 2010.

Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) Official methods of analysis. 984.25 18th Ed. The Association: Washington, D.C. Revised 2011.

Casimir, C. and D. Min. 2008. Food Lipids: Chemistry Nutrition and Biotechnology. 1a. Ed. CRC express Taylor & Francis

Group. NY. Estados Unidos.

Gebauer, S., F. Destailats, Z. Mouloungui, L. Candy, J. Baptiste, F. Dionisi and D.J. Baer. 2011. Effect of trans fatty acid isomers from ruminant sources on risk factors of cardiovascular disease: Study design and rationale. *J. of Food Comp. and Analysis*. 32 (4): 569–576.

Kanner J. 1994. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Journal Meats Sci* 36(1-2):169–89.

Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). Aceites saludables y la eliminación de AGT de origen industrial en las Américas: iniciativa para la prevención de enfermedades crónicas. Washington, D.C.: OPS, © 2008. 6p. ISBN 978

OMS: Organización mundial de la salud. Prevención de las enfermedades cardiovasculares. En: Guía de bolsillo para la estimación y el manejo del riesgo cardiovascular. Ginebra, 2008, ISBN 978 92 4 354728 2.

Richter, E., K. Albash, M. Scheeder and P. Colombani. 2009. Trans fatty acid content of selected Swiss foods: The Trans Swiss Pilot study. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22(5): 479–484.

Saunders, D., S. Jones, G.J. Devane, P. Scholes, R.J. Lake and S.M. Paulin. 2008. Trans fatty acids in the New Zealand Food supply. *Journal. of Food Composition and Analysis*. 21(4): 320–325

Yagüe Aylon M.A. 2003. Estudios de utilización de aceites para frituras en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Tesis de maestría Universidad Autónoma de Barcelona - Villaterra. España.

Identificación y Cuantificación de clorotalonil en banano (*Musa paradisiaca*) por cromatografía líquida

Identification and Quantification of Chlorothalonil in Banana (*Musa paradisiaca*) by Liquid Chromatography

Arnulfo Taron D;¹ Carmen R. Espitia Y; ² Lorenzo Fuentes B; ³ Orlando González S ⁴

¹ Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería de Alimentos. Piedra de Bolívar. Calle 30 No.48-152. atarond@unicartagena.edu.co

² Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería de Alimentos

³ Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería de Alimentos

⁴ Ingeniero de Alimentos. Universidad de Cartagena

Resumen. El uso de plaguicidas en la agricultura se ha convertido en una problemática de salud pública mundial debido a la toxicidad y el potencial cancerígeno que tienen estas sustancias. En esta investigación se analizaron bananos comercializados en la central mayorista del mercado de Bazurto y de un supermercado local de la ciudad de Cartagena. Tanto la piel como pulpa del fruto fueron analizadas por cromatografía líquida de alta eficiencia utilizando una columna C18 y provisto con detector UV 6000LP con matriz de fotodiodos. En la piel de banano se obtuvieron concentraciones de clorotalonil por debajo de 0,1 mg/L, mientras que en la pulpa los valores fueron de 0,75 (muestra del supermercado) y 20,05 mg/L (muestra de la central mayorista). Puede concluirse que los habitantes de Cartagena están expuestos a concentraciones de clorotalonil que superan los límites mínimos de residuos (LMRs) establecidos.

Palabras claves: Plaguicida, pulpa, contaminación

Abstract. The use of pesticides in agriculture has become a global public health problem due to the toxicity and carcinogenic potential of these substances. In this research bananas traded in Bazurto market center and a local supermarket in the city of Cartagena were analyzed. Both skin and fruit pulp were analyzed by high performance liquid chromatography using a C18 column and provided with UV 6000LP photodiode array detector. Banana skin chlorothalonil concentrations were obtained below 0.1 mg/L, while in the pulp values were 0.75 (supermarket sample) and 20.05 mg/L (Bazurto market sample). It can be concluded that the inhabitants of Cartagena are exposed to concentrations that exceed chlorothalonil minimum residue limits (MRLs) established.

Key words: Pesticide, pulp, pollution

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca*), es una de las frutas de mayor producción en la Costa Caribe colombiana, presenta excelente composición nutritiva y es apetecida en mercados internacionales. En Colombia y en los países productores de banano la sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es la enfermedad más devastadora del cultivo, por lo que se implementa el uso de fungicidas químicos como el clorotalonil, un plaguicida de uso generalizado en Colombia que aparecen en la lista internacional de la Pesticide Action Network International (PAN) de Alemania como altamente peligrosos; además, está clasificado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos (EE.UU.) como “clase II-moderadamente tóxico” (Lazo *et al.*, 2012). En Colombia no existen entidades gubernamentales que legislen y controles el uso de residuos plaguicidas, por lo que esta investigación tiene como objetivo detectar y cuantificar el fungicida clorotalonil en banano (*Musa paradisiaca*), comercializado en supermercados de cadena y el mercado de Bazurto en la ciudad de Cartagena de Indias, utilizando cromatografía líquida de alta resolución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2² con 3 repeticiones a cada una de las muestras tanto en cáscara como en pulpa; la cuantificación y la identificación se realizaron utilizando el cromatógrafo líquido (SpectraSystem ®), equipado con una columna C18 y con detector UV con matriz de fotodiodos; la velocidad de flujo fue de 1 mL/min con un gradiente de concentración de acetonitrilo/agua. Los espectros de absorbancia se registraron en el intervalo de 200 – 360 nm. Las muestras se prepararon diluyendo el estándar de clorotalonil en acetonitrilo-agua a 40-60 v/v.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las muestras analizadas se encontraron niveles de clorotalonil, la concentración del fungicida en la pulpa fue mayor que en la cáscara, evidenciando una penetración del compuesto y una posible acumulación que puede darse por las repetidas fumigaciones a las que son sometidos estos frutos para el control de hongos durante su crecimiento; (Garron *et al.*, 2012). Se observa diferencia significativa en las concentraciones halladas entre la pulpa del banano comercializado en la central mayorista del Mercado de Bazaruto y la pulpa del banano obtenido en el supermercado. En la Figura 1 aparecen los cromatogramas de las diferentes muestras de cáscara y pulpa de banano, y en la Tabla 1 las concentraciones de clorotalonil halladas en cáscara y pulpa de banano provenientes de supermercado y central de abastos.

Tabla 1. Concentraciones de clorotalonil halladas en cáscara y pulpa de banano

Sitio de muestreo	En cáscara (mg/L)	En pulpa (mg/L)
Central mayorista	<0,1	20,05
Supermercado	<0,1	0,75
Permitido	Codex	0,01
	Unión Europea	0,2
	Japón	0,2
	USA	0,5

En la Tabla 1 se evidencia que el contenido de clorotalonil en ambas muestras de bananos está por encima de los valores permitidos en varias normas internacionales de referencia (Codex Alimentarius, UE, Japón y USA). La

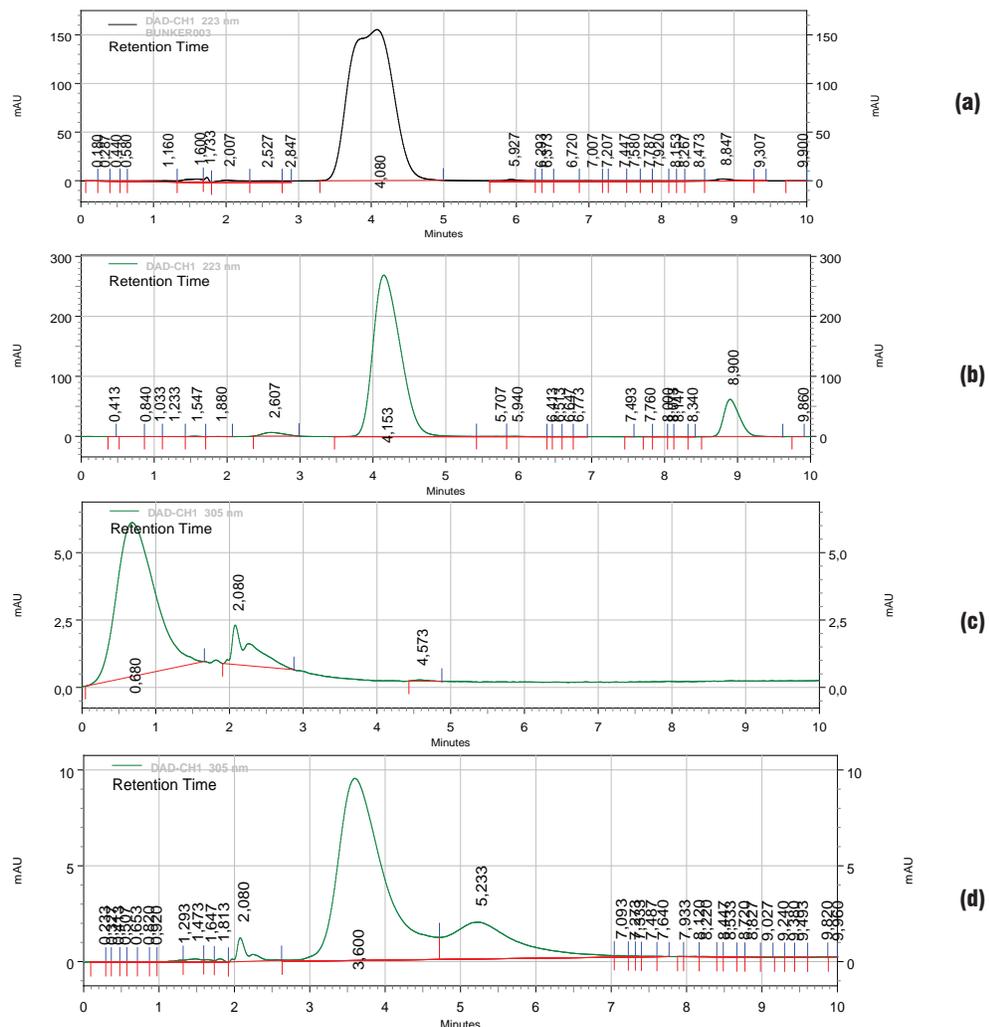


Figura 1. Perfil cromatográfico para el clorotalonil presente en a) Pulpa de banano de Supermercado; b) Pulpa de banano de central mayorista; c) Cáscara de banano de supermercado y d) Cáscara de banano de central mayorista.

concentración del fungicida en pulpa es mayor que en cáscara en ambos casos, evidenciando una penetración del compuesto y una posible acumulación que puede darse por las repetidas fumigaciones a las que son sometidos estos frutos. Existe diferencia significativa en las concentraciones halladas entre la pulpa de banano de la central mayorista y la de supermercado (Lazo *et al.*, 2012). Las bajas concentraciones de Clorotalonil en cáscara pueden ser debidas a la degradación de este por exposición a la luz o al pH de productos utilizados en la limpieza en postcosecha (Peruga *et al.*, 2012). Debido a las concentraciones que superan los límites mínimos de residuos (LMRs) establecidos en pulpa, la población cartagenera que consume banano está expuesta a un compuesto considerado un posible carcinógeno humano por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (Garron *et al.*, 2012).

CONCLUSIÓN

Existen residuos de plaguicidas en banano comercializado en la ciudad de Cartagena que llega al interior de la

pulpa del fruto en concentraciones que superan los límites permitidos, poniendo en riesgo la salud de los habitantes que consumen este fruto en esta ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- Garron, C., L. Knopper, W. Ernst and P. Mineau. 2012. Assessing the genotoxic potential of chlorothalonil drift from potato fields in Prince Edward Island, Canada. *Arch Environ Contam Toxicol* 62(2): 222-232.
- Lazo, J.V., J.A. Muñoz and A. Escalona. 2012. Evaluación experimental del clorotalonil en el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plantaciones de plátano (*Musa spp. AAB*). *Bioagro* 24(2): 127-134.
- Peruga, A., M. Barreda, J. Beltrán and F. Hernández. 2012. A robust GC-MS/MS method for the determination of chlorothalonil in fruits and vegetables. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 54(1): 11-18.

Determinación de Ácidos Grasos Trans en Marcas de Panes Consumidos en la Ciudad de Barranquilla

Determination of Trans Fatty Acids in the Kind of Brands that are Consumed in the City of Barranquilla

Oscar CABARCAS N¹., Nelly YARURO C²., Luis BOYANO O³., Andres SUAREZ E., Alberto ALVIS A¹

¹Ingeniero de alimentos. M. Sc. Ciencia y tecnología de alimentos. Universidad del Atlántico.

Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia: oscarcabarcasjr@yahoo.com

² Autor a quién se va a dirigir la correspondencia: Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Atlántico.

Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia: camila_yaruro@hotmail.com

³ Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Atlántico. Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia.

Barranquilla, Colombia: luisboyano8@gmail.com

Resumen. Con el objetivo de analizar la presencia de ácidos grasos trans en diferentes marcas de panes que se consumen en la ciudad de Barranquilla, se realizó el levantamiento del mapa muestral de todas las panaderías registradas en Cámara de Comercio de la ciudad de Barranquilla, se calculó el tamaño de la muestra utilizando un Muestreo Aleatorio Simple, (MAS). Se realizó el análisis proximal (humedad, ceniza y grasa); según metodología AOAC (Association Official Analytical Chemistry), y se determinó el contenido de ácidos grasos trans mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa, según el método FAME (Fatty Acid methyl). En el análisis proximal se obtuvieron valores adecuados para este tipo de producto. Los análisis cromatográficos mostraron que el 23,8% de todas las muestras analizadas presentaron ácidos grasos trans, dentro de las cuales el 14,28% exceden el nivel permitido por la FAO.

Palabras clave: Analisis proximal, Comatografía, Acido Grasos Trans, Pan.

Abstract. With the aim of analyzing the presence of trans fatty acids in different brands of bread consumed in the city of Barranquilla. A sample survey map of all bakeries registered in Chamber of Commerce of Barranquilla was done, it was calculated the size of the sample using a SRS (Simple Random Sampling), to which the analysis was performed that included proximate determining moisture, ash and fat; according to the AOAC methods (Association Official Analytical Chemistry) and the determination of the content of trans fatty acids by gas chromatography coupled to mass spectrometry in accordance with the FAME method (Fatty Acids Methyl Ester). The results obtained in this study represent suitable values for this type of product. The chromatographic analysis showed that 23.8% of all samples analyzed have trans fatty acids within the 14.28% which exceeds the permitted level by FAO.

Key words: Proximal Analysis, chromatography, trans fatty acids, bread.

INTRODUCCIÓN

Los ácidos grasos de isomería trans (AGT) han concentrado la atención de los investigadores ya que han demostrado poseer efectos sobre la salud especialmente sobre la colesterolemia y el metabolismo celular (Manzur *et al.*, 2009). La sustitución de los ácidos grasos por los AGT, modifican procesos fisiológicos que pueden tener una influencia sobre la calidad física y mental de la vida en la población sana (Ruano *et al.*, 2011) y (Barrado *et al.*, 2008) detectaron en comidas rápidas porcentajes ligeramente altos de ácidos grasos trans, Peterson *et al.*, 2006 encontraron una importante presencia de dichos ácidos grasos en los alimentos de consumo frecuente en jóvenes, en donde se consideró el consumo de este tipo de alimentos como uno de los factores de riesgo para las enfermedades cardiovasculares. Esta investigación, pretendió mostrar el estado actual del contenido de ácidos grasos trans en los panes que se consumen en la ciudad de Barranquilla y establecer la relación de estos con los parámetros establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO).

METODOLOGÍA

Levantamiento del Mapa muestral. En el estudio se consideró solamente las panaderías con un registro en cámara de comercio de Barranquilla, para un listado de 220 establecimientos.

Tamaño de la muestra. Para calcular el tamaño de la muestra se estableció un error del 17% ($e=0,17$), un nivel de confianza del 90%, cuyo valor tabular es de 1,645 ($Z_{\alpha}=1,645$), una probabilidad de 0,5 ($P=0,5$), utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\frac{z^2 P Q}{e^2}}{\frac{N-1}{N} + \frac{1}{N} \times \frac{z^2 P Q}{e^2}}$$

Dónde:

N: Población, n: Tamaño de muestra.

P: Proporción estimada que posee la variable. δ : Proporción del error.

z: Nivel de confianza y $Q = (1-P)$

Obteniendo así un n de 21 panaderías.

Toma de muestra. Después de calcular el n, se seleccionaron las panaderías aleatoriamente utilizando el software Microsoft Office Excel 2010, se definió como muestra el pan tipo molde.

Análisis fisicoquímicos de las muestras. De las muestras seleccionadas, se obtuvieron las cantidades suficientes para realizar el análisis proximal y la determinación del contenido de ácidos grasos trans.

Este proyecto se realizó en los laboratorios pertenecientes a las Universidades Jorge Tadeo Lozano y Universidad Libre de Bogotá.

Determinación del contenido de ácidos grasos trans. La grasa obtenida de las muestras fue sometida a un proceso de metilación, posteriormente se sometió al cromatógrafo de gases y espectrometría de masas (CG-MS), cada muestra por duplicado, siguiendo la metodología establecida por la AOAC (996.06, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis proximal de los productos. Las 21 muestras analizadas cumplían con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 1363 2005 (pan. Requisitos generales), en cuanto a humedad, cenizas y contenido de grasa (20% y el 33% de humedad, 2% de cenizas, y valores de 1,91% hasta 14,75% para el contenido de grasa).

Ácidos grasos trans. El contenido promedio de grasa trans en el total de las muestras fue de 0,58%, cabe compararlo con el determinado en el estudio Transfair (2011) llevado a cabo en 12 países europeos, la cantidad total de trans en 5 de las muestras de pan analizadas es igual o inferior a 0,52%; (Griguol *et al.*, 2007). De las muestras analizadas el 23,8 % reportaron cantidades de ácidos grasos trans, siendo la presencia de estos ácidos nula o insignificante en el resto de muestras. La Figura 1 muestra el contenido de ácidos grasos trans de las muestras analizadas.

En la Figura 2 se muestra los tipos de ácidos grasos trans que se reportaron, siendo estos el ácido elaidico (C18:1), el cual es el ácido grasos trans predominante en la hidrogenación industrial y el ácido linolelaídico (C18:2).

Comparación con los estándares establecidos por la FAO. La FAO recomienda que el consumo de AGT no supere el 1% del aporte energético alimentario diario (OPS, 2008). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, las muestras Zapatoca, Arenosa y Pan Pati

excedieron el parámetro establecido por la FAO. En la Grafica 3 se puede observar que 3 de las 21 marcas analizadas (Panaderías Pan Pati, Arenosa y Zapatoca) sobrepasan el límite de consumo diario de grasa trans establecido por la FAO equivalente a 2,2 g, lo cual sugiere que el consumo de este alimento tiene una incidencia sobre la salud de los consumidores al menos en tres lugares de la ciudad de Barranquilla. (Panaderías Pan Pati, Arenosa y Zapatoca).

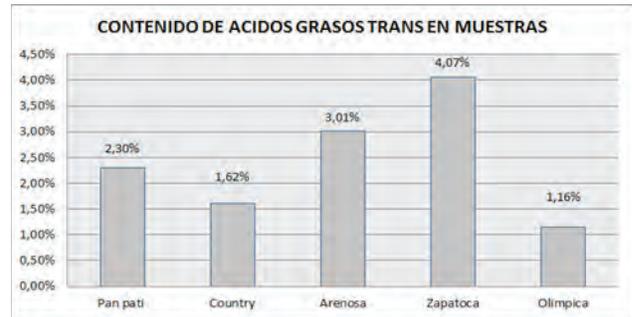


Figura 1. Contenido promedio de Ácidos grasos trans presente en las muestras.

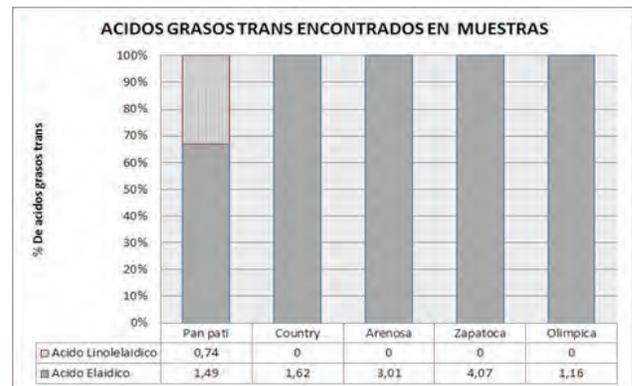


Figura 2. Contenido promedio de los tipos de ácidos grasos trans en las muestras.

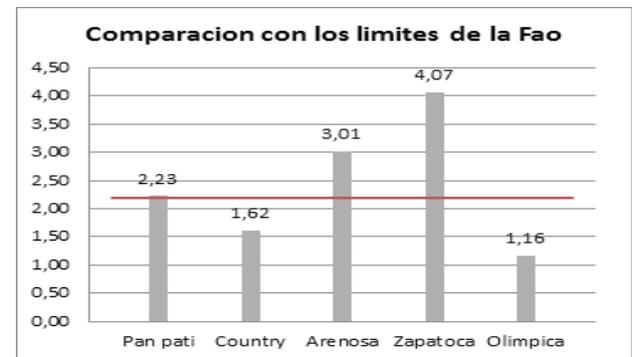


Figura 3. Comparación con los límites propuestos por la FAO referente al consumo diario de grasas trans.

CONCLUSIÓN

El 23,8% de las muestras que presentaron ácidos grasos trans representan una fuerte incidencia sobre el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, debido a que el contenido está por encima de los límites de ingesta diaria recomendada por la FAO, el otro 76,2% de las muestras, que están por debajo de dicho límite, pudiendo significar que la mayoría de panificadoras están ofreciendo productos con cantidades mínimas o nulas de ácidos grasos trans, sin embargo aún quedan algunas que deben mejorar al respecto. Estos resultados podrían considerarse importantes teniendo en cuenta la cantidad de estudios realizados en el tema, por ejemplo, Estados Unidos estima que el riesgo de padecer enfermedad cardiovascular es un 93% más alto cuando los ácidos grasos trans reemplazan tan sólo al 2% de las calorías provenientes de los hidratos de carbono. (Peterson *et al.*, 2006).

BIBLIOGRAFÍA

Barrado, E., M. Mayo, A. Tesedo, H. Romero, y F. De la rosa. 2008. Composición grasa de diversos alimentos servidos en establecimientos de "comida rápida". *Nutrición hospitalaria* 1(23): 148-158.

Peterson, G., D.Aguilar, M. Espeche, M. Mesa, P. Jauregui, H. Diaz, M. Simi, y M. Tavella. 2006. Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en argentina. *Archivos uruguayos de pediatría* 1(77): 59-66.

Manzur, J.F., A. S. Ciro, y A. Alayon. 2009. Consumo de ácidos grasos trans y riesgo cardiovascular, *Revista Colombiana de Cardiología* 3(16): 103-110.

Ruano, C., P. Henriquez, M. Bes-Rastrollo, M. Ruiz, C. Lopez del burgo, A. y A. Sanchez. 2011. La ingesta dietética de grasa y calidad de vida. *BioMed Central* 10: 8 p.

Instituto Colombiano De Normalizacion Y Certificacion, 2005. Pan. Requisitos generales. NTC 1363, segunda edicion, Bogota D.C. 11 p.43-44.

Griguol, V., M. León, y I.M. Vicario. 2007. Revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y aceites* 1(58): 87-98.

Organización Panamericana de la Salud, 2008. Aceites saludables y la eliminación de ácidos grasos trans de origen industrial en las Américas. Washington. pp. 6.

Modelos no lineales para estimación de Curva de Crecimiento de crías bovinas machos

Nonlinear Models for Estimating Growth Curve of Young Males Bovines

Luz Mercedes Botero A.¹, Melba Liliana Vertel M.², Emiliano Rodríguez A.³

¹ Zootecnista, Grupo de Investigación Biodiversidad Tropical, Universidad de Sucre. E-mail: luz.botero@unisucre.edu.co.

² Profesor Titular, Grupo de Investigación Estadística y Modelamiento Matemático aplicado, Universidad de Sucre. E-mail: melba.vertel@unisucre.edu.co.

³ Estudiante, Grupo de Investigación Estadística y Modelamiento Matemático aplicado, Universidad de Sucre. E-mail: erodrigueza_10@hotmail.com.

Resumen. El objetivo del presente trabajo fue analizar modelos no lineales para describir el crecimiento en crías bovina macho del nacimiento al destete, manejados en el sistema de producción doble propósito. Fueron utilizados 468 datos de 9 pesajes mensuales del nacimiento al destete de una muestra de 52 crías macho resultantes del cruce Bos indicus x Bos taurus, nacidos en el mes de diciembre del 2010. Los modelos no lineales Brody, Bertalanffy, Richards, logístico y Gompertz fueron ajustados, por el método de Gauss-Newton, considerando criterios para la escogencia como: CME, coeficiente de determinación e interpretación biológica. El modelo Brody resultó ser el más adecuado para estimar el crecimiento corporal del nacimiento al destete de crías bovina macho en estudio, lo cual permite caracterizar y

predecir el crecimiento de crías bovinas del doble propósito en la región Caribe colombiana, contribuyendo con el diseño de estrategias de manejo para producir animales de peso y desarrollo adecuados a las exigencias del mercado.

Palabras clave: Bio-modelación, curva de crecimiento en vacunos, doble propósito, región caribe colombiana, regresión no lineal, sistema de producción.

Abstract. The objective of this study was to analyze nonlinear models to describe the growth from birth to weaning of male calves managed under dual purpose production. A total of 468 data points, resulting from 9 monthly weighing's from birth to weaning of 52 male calves of Bos indicus x Bos

Taurus crosses, born in December 2010 were used. Nonlinear models Brody, Bertalanffy, Richards, logistic and Gompertz considering the selection criteria as: EMC, coefficient of determination and biological interpretation. The Brody model was the most appropriate model to estimate body growth from birth to weaning of male beef calves, allowing characterization and prediction of the growth of calves of dual purpose cattle in the Colombian Caribbean region, contributing to the design of management strategies to produce animals with appropriate weight development according to market requirements.

Keywords: *Bio-modeling, growth curve in cattle, double purpose, Colombian Caribbean region, Nonlinear regression, production system.*

INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial el inventario bovino proyectado para el año 2008 se estimó en 1,558 millones de cabezas, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1,5%. En Colombia, el hato nacional para este año fue de 26,8 millones de cabezas, lo que corresponde al 1,7% del inventario mundial (Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA, 2008). Los bovinos en la región Caribe colombiana se manejan en mayor medida en el sistema de producción doble propósito, alimentados con gramíneas, leguminosas y arbóreas, donde le confieren igual importancia biológica y económica a la producción de leche como al peso al destete (PD) de las crías, criterio de selección en el esquema de mejora y componente esencial de la productividad de la vaca. El crecimiento animal sigue una curva sigmoidea llamada curva de crecimiento (CC) a través de la cual la tasa de crecimiento varía con la edad; evalúa el comportamiento productivo y económico representado en ganancia de peso a lo largo de la vida del bovino, el desconocimiento de la misma limita la

implementación de programas de mejoramiento. Los modelos matemáticos no lineales se desarrollan empíricamente para relacionar peso-edad mostrando ser adecuados para ajustar CC (Freitas, 2005). Esto puede ser aplicado al animal como un todo, o en cualquier tejido u región corporal (Malhado *et al.*, 2008). La forma y características de la CC pueden variar en función del ambiente y del sistema de producción. Además, medir este tipo de parámetros en determinadas etapas de la vida del bovino es un insumo de procesos de bajo costo, que respeta el bienestar animal y no altera el organismo bajo análisis. Esta investigación tuvo como objetivo establecer a través de modelos no lineales la curva de crecimiento que mejor ajuste a la ganancia de peso del nacimiento al destete de crías bovinas macho manejadas en el sistema en doble propósito en planicies aluviales de la región Caribe colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el municipio de Magangué, Bolívar; allí, impulsado por el mercado de la leche, un 70% del hato pasó del sistema cría de razas cebuinas, al sistema doble propósito con animales resultado del cruce de *Bos indicus* x *Bos Taurus* (Botero, 2012). Para el año 2010 en la región, el universo estuvo constituido por 5.400 machos vacunos mestizos menores de diez (10) meses de edad. Se utilizaron 52 crías macho vacunos como muestra de 120 nacimientos en el hato donde se llevó a cabo la investigación; las crías se pesaron en forma individual mes a mes desde diciembre 2010 a octubre 2011, después de efectuado el ordeño de sus madres, donde sirvieron de apoyo y tomaron la leche residual. Se obtuvieron 468 datos sistematizados en el Software + Ganadero TP, los que fueron analizados en el programa estadístico R (R Development Core Team, 2011). En estos datos fueron ajustados modelos no

Tabla 1. Estadísticas de pesos en crías macho del sistema bovino doble propósito.

Mes	Muestra	Promedios (kg)	D.S. (kg)	Peso _n – Peso _{n-1} (kg)	Rango (kg)	
					Mínimo	Máximo
1	52	28	0	-	28	28
2	52	63	9,25	35	42	88
3	52	69	9,96	6	44	94
4	52	82	11,02	13	54	110
5	52	93	13,19	11	64	128
6	52	105	14,49	12	70	142
7	52	106	16,18	1	74	160
8	52	112	17,41	6	82	170
9	52	113	17,51	1	82	170
10	52	129	18,58	16	98	190

Tabla 2. Modelos no lineales de curvas de crecimiento: ecuación (Freitas, 2005), estimación de parámetros (A, K, B y M), CME y coeficiente de determinación (R²).

Modelos no lineales	Ecuación	A	K	B	M	CME	R ²
Gompertz (Laird, 1965)		312,28	0,87	0,04	-	191,96	0,75
Brody (Brody, 1945)		181,44	1,47	0,15	-	192,23	0,75
Logístico (Nelder, 1961)		154,79	2,57	0,26	-	192,75	0,75
Bertalanffy (1957)		194,93	-0,37	0,12	-	192,53	0,75
Richards (1959)		203,53	-0,46	0,11	2,6	192,57	0,73

lineales para estimar el crecimiento del animal y los parámetros de la curva. Con base a: cuadrados medios del error (CME), coeficiente de determinación e interpretación biológica de parámetros fueron escogidos los modelos que más ajustaron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Tabla 1, en la ganancia de peso mes a mes hay un incremento superior a un kilogramo diario por animal desde el nacimiento hasta el mes de vida cuando cría y vaca permanecen juntas gran parte del día. A partir de este momento, las ganancias de peso son poco significativas representadas en el pobre desempeño del peso final al destete. Sin embargo, desde el mes ocho de vida del animal, estos vuelven a repuntar en su ganancia diaria, debido a su habilidad como rumiantes ante una oferta forrajera nutritiva, resultado de un período de lluvias y recuperación de praderas. Se considera que la tasa deseable de ganancia de peso en bovinos es de 0,5 kg/día en el doble propósito (Tatis y Botero, 2005), lo cual demuestra el potencial productivo que tienen ante una oferta ambiental adecuada. En el doble propósito las crías después del primer mes de vida y durante el período de lactancia de sus madres, son apartadas después del ordeño y enviadas a potreros con oferta de alimento, agua, sombra e infraestructura no apta para lograr una adecuada tasa de crecimiento y desarrollo. En otras palabras, los ganaderos tratando de aumentar el flujo de caja, invierte muchos esfuerzos hacia la producción de leche, convirtiendo la obtención de carne a partir de terneros como un subproducto; descargan el manejo alimenticio en la leche residual que ofrece la vaca después del ordeño y que es escasa al final de la lactancia, la cual no alcanza a proporcionar una nutrición biológicamente apropiada.

El modelo matemático no lineal de Richards es citado como el único capaz de proveer con cierta precisión, los pesos de los animales en los estados iniciales de crecimiento posnatal (Tabla 2). El modelo Brody describió adecuadamente los datos, presentando un R² del 75% y CME de 191.96 (menor), resultados parecidos encontró (Herrera *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

Se debe aprovechar la mayor cantidad de leche producida por la vaca en los tres primeros meses de lactancia, los terneros en esta etapa son más eficientes para asimilar el alimento lácteo y doblan su peso. El modelo de Brody, fue el que mejor describió el crecimiento de crías machos manejados en el sistema de producción doble propósito, presenta buen ajuste y estimativas condicionadas con la realidad actual. Biológicamente, las estimaciones están lejanas a lo deseado. Las investigaciones en este sistema de producción deben estudiar también la curva de crecimiento de los vacunos desde el destete (10 meses) hasta alcanzar su madurez.

BIBLIOGRAFÍA

- Encuesta Nacional Agropecuaria –ENA-. 2009. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola. Colombia. ISBN 2027-3959. p 91.
- Freitas, A. 2005. Curvas de Crecimiento na Produção Animal. Bras. Zootec. 34(3): 786-795.
- Herrera, A., O. Vergara, M. Cerón-Muñoz, D. Agudelo y E. Arboleda., 2008. Curvas de crecimiento en bovinos cruzados utilizando el modelo de Brody. Livestock Reseach for Rural Development 20 (140). URL Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/herr20140.htm>.
- Malhado, C.H., A. Ramos, P. Carneiro, J. Souza, F. Wechsler, J. Eler, D. Azevêdo, J. Sereno. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. Arch. Zootec. 57 (220): 497-503.
- R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <http://www.R-project.org>.
- Tatis, R., L.M. Botero. 2005. Génesis y Consolidación del Sistema Vacuno en Doble Propósito. Asodoble (Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito). Ed. Produmedios. Bogotá, Colombia, ISBN 958-33-7956-5. 282 p.
- Botero M. Ricardo. 2012. ¿desaparecerá el doble propósito? Rev. Infortambo Andina. Bogotá.

Condiciones Higiénico Sanitarias de Comedores Escolares en el Área Metropolitana de Barranquilla, Colombia

Sanitary Hygienic Conditions of Dining Area Schools at Metropolitan Area in Barranquilla, Colombia

Amparo Luz Púa Rosado¹

¹ Docente Tiempo Completo, Facultad de Nutrición y Dietética, Universidad del Atlántico. amparopua@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen. Identificar las condiciones higiénicas y sanitarias de comedores escolares del área metropolitana de Barranquilla, según el Decreto 3075 de 1997 del Ministerio de Protección Social (Ministerio de Protección Social, 1997). Estudio descriptivo. La evaluación se realizó conforme a los aspectos contemplados en el Decreto, mediante la inspección de las áreas de cada establecimiento y el diálogo directo con el personal que labora en ellos. Los datos obtenidos se registraron y se analizaron hallando la desviación estándar con el fin identificar el grado de cumplimiento de los requisitos. Las condiciones de la planta física cumplieron en más del 50% de los requisitos, los equipos cumplieron por debajo del 50%, aseguramiento y control de la calidad cumplen por debajo del 40%, las condiciones del personal manipulador de alimentos, el plan de saneamiento, las operaciones de almacenamiento, distribución y transporte de alimentos el 75% tienen un porcentaje de cumplimiento por encima del 75%. Se evidenciaron deficiencias en las instalaciones de los comedores, en el sistema de control y aseguramiento de la calidad y en las condiciones de transporte de alimentos. El personal cumple con los requisitos exigidos.

Palabras clave: Servicio de alimentación, enfermedades transmitidas por los alimentos, inocuidad, seguridad alimentaria.

Abstract. Identify the sanitary conditions of the dining schools located in the metropolitan area of Barranquilla, according to Decree 3075 of 1997 of the Ministry of Social Protection. Descriptive study. The evaluation was done according the aspects in the Decree, by inspection of areas in each school dining and dialogue with staff working in them. The data obtained were recorded on a standardized format and its analysis determined the standard deviation in order to identify the degree of compliance with the requirements. Conditions of buildings complied more of 50% with the requirements; equipments have a value below 50%, assurance and quality control are below 40%; conditions of food handling staff, store operations, distribution and transportation of food have a percent of compliance of above 75%. Deficiencies in dining facilities, control system and quality assurance, and transport

conditions of food were evidenced. The staff complies with the requirements.

Key words: Foodservice, foodborne diseases, food safety, food security.

INTRODUCCIÓN

Los comedores escolares desempeñan una función nutricional y educativa importante, contribuyen a la adquisición de hábitos alimentarios y son marco de socialización y convivencia (Aranceta *et al.*, 2008). La disponibilidad, el consumo y la utilización biológica de alimentos condicionan los niveles alimentarios y nutricionales y afectan las actividades de los servicios institucionales (Tejada, 2006). Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) pueden ser causadas por recalentamiento inadecuado, refrigeración insuficiente y preparación muy anticipada de alimentos (Vásquez *et al.*, 2007). Las normas reguladoras existentes mencionan aspectos como higiene, sanidad y gestión económica administrativa en los comedores escolares (Aranceta *et al.*, 2008). Se han detectado presencia de diferentes microorganismos en los alimentos como enterotoxinas de *Clostridium perfringens* en beneficiarios de un comedor escolar, después de haber recibido su alimentación institucional (Dominguez *et al.*, 2003). En Colombia existe subregistro de casos de ETA y la contaminación de alimentos ocurre por problemas sanitarios y de manipulación en el hogar, y en lugares donde se elaboran para la venta (Flores *et al.*, 2007). El objetivo principal de esta investigación fue identificar las condiciones higiénicas y sanitarias de siete comedores escolares del área metropolitana de Barranquilla, de acuerdo al Decreto 3075 del Ministerio de Protección Social.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron siete comedores escolares del área metropolitana de Barranquilla, en los barrios Santa María, Pueblito, La Paz, Barlovento y la Playa, y en los municipios de Galapa y Malambo. En la muestra se incluyeron los servicios de alimentación administrados por el mismo operador de servicios. La recolección de la información se desarrolló en el año 2012

mediante la observación directa, la revisión documental, la entrevista personal con los administradores de los servicios de alimentación y los manipuladores de alimentos; los datos se registraron en un instrumento de recolección de datos diseñado para evaluar los requisitos establecidos en el Decreto 3075 de 1997.

Los aspectos abordados se describieron mediante las variables registradas directamente en campo. Cada aspecto contiene entre dos a seis variables que, en conjunto, muestran la tendencia de cumplimiento en los comedores escolares, estos son las condiciones de la planta física, los equipos, las condiciones del personal manipulador de alimentos, aseguramiento y control de la calidad, el plan de saneamiento, las operaciones de almacenamiento, distribución y transporte de alimentos. Cada variable se expresó como la proporción de cumplimiento, es decir, la razón entre el puntaje máximo y puntaje obtenido observado en cada comedor.

Las variables fueron descritas mediante estimadores de tendencia central y dispersión no paramétricos, mediana y rango intercuartil, respectivamente. La distribución de los porcentajes de cumplimiento de cada variable fueron representados mediante gráficas de cajas y bigotes (*boxplots*) donde se exponen, además de la mediana, el rango intercuartil, valor máximo y mínimo y valores atípicos (*outliers*), los gráficos fueron agrupados según aspecto. Los análisis y gráficos fueron realizados mediante el software de análisis estadístico R 3.0.1. (R Core Team 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los comedores estudiados pertenecen a los estratos socioeconómicos 1 y 2, considerados estratos predominantes en Barranquilla, y que constituyen la mayoría de la población (53,7%) en la ciudad (EDUBAR S.A., 2012). Cada servicio atiende un número promedio de usuarios de diferentes grupos de edad (Tabla 1).

En el aspecto edificación e instalaciones, la mayoría de variables presentaron una mediana de 50% o más con relación a los requisitos exigidos por el decreto debido a las adecuaciones que se le han realizado a los locales, excepto instalaciones sanitarias que presentó un valor de 20% en todos los comedores (Figura 1).

Las características de diseño de un servicio de alimentación, así como la inspección de los locales, son importantes para comprobar que se siguen las prácticas de higiene recomendadas (Campos, 2003). En las instalaciones sanitarias se evidenció la falta de lavamanos con grifos sin accionamiento manual en las áreas de elaboración o próximas a éstas, y la ausencia de instalaciones adecuadas para la limpieza y desinfección de los utensilios de trabajo debido a que son instalaciones que han sido diseñadas para otros fines. Además los servicios de alimentación no cuentan con el número suficiente de servicios sanitarios y vestidores; sin embargo, los servicios sanitarios disponibles se mantienen limpios.

De las condiciones del área de elaboración (Figura 1) se infiere que las condiciones se encuentran igual o por encima del 50%

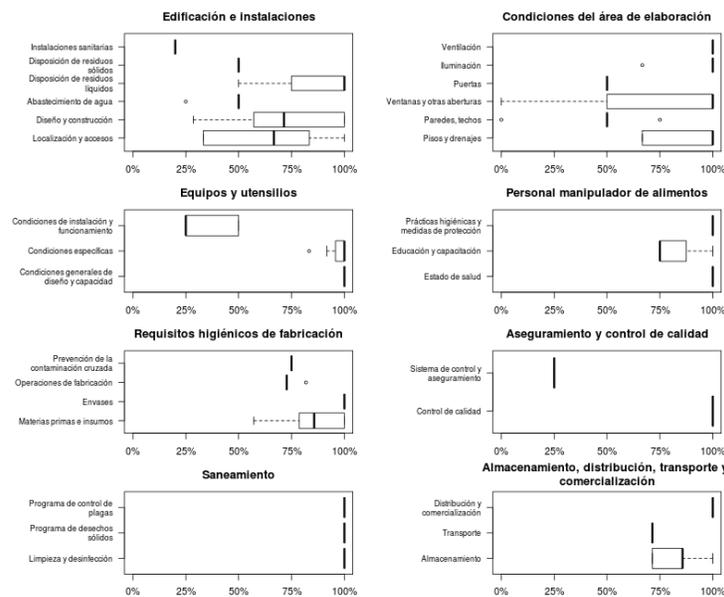


Figura 1. Requisitos Decreto 3075 de 1997.

de cumplimiento, observándose faltas en la unión entre paredes para impedir el paso de contaminantes y el uso de techos dobles que dificultan las labores de limpieza y desinfección. Los alimentos se deben preparar en un lugar limpio y bien iluminado, resguardado del sol, polvo, lluvia, viento y alejado de todas las fuentes de contaminación como los residuos sólidos y animales (Fao, 2009).

Los equipos y utensilios utilizados para el manejo y preparación de los alimentos cumplen con los estándares solicitados por el Decreto 3075 al igual que el personal manipulador de alimentos (Figura 1). Sin embargo, se observa el valor de la mediana por debajo del 50% en lo correspondiente a las condiciones de instalación y funcionamiento, puesto que en ocasiones las tuberías no se encuentran por debajo de la línea de elaboración debido a las limitaciones presupuestales para cumplir con este requisito y los equipos no se encuentran distribuidos en un orden lógico que facilite las operaciones. Una de las fuentes que conducen al deterioro de los alimentos la constituyen los equipos y utensilios mal saneados (Barreiro). Las personas que no mantienen un apropiado aseo personal, enfermas o se comportan de forma inadecuada, pueden contaminar los alimentos y transmitir enfermedades a los consumidores (Fao, 1998). De acuerdo a la información obtenida, el personal manipulador de alimentos presenta altos porcentajes de cumplimiento.

En los requisitos higiénicos de fabricación se observa que la variable materia prima e insumos presenta una variación por encima del 50% de cumplimiento (Figura 1), debido a que se observaron comedores sin sitios adecuados para el almacenamiento y los procesos de conservación en frío no son ejecutados eficientemente. El aseguramiento y control de calidad maneja, de igual manera, valores sin variación y se

observa que el aspecto de requisitos del sistema de control y aseguramiento presenta la mediana por debajo del 40%, esto debido a que la documentación presentada en los servicios de alimentación no incluye todos los aspectos que puedan afectar la calidad y el manejo de los alimentos; tampoco se dispone de planes de muestreo para garantizar un monitoreo adecuado de los procedimientos.

Las variables relacionadas con el saneamiento y el almacenamiento, la distribución y el transporte de alimentos a otros puntos de atención, no presentan variación entre los diferentes servicios de alimentación y mantienen la mediana en el 100%, exceptuando las variables almacenamiento y transporte, respectivamente (Figura 1). El almacenamiento presenta gran variación debido a que solo un comedor cumplió con los requisitos de esta variable, y los demás presentan deficiencias en la organización de los productos almacenados. El transporte no refleja variación pero su mediana está por debajo del 75% pues no se existe un transporte exclusivo para el transporte de alimentos.

CONCLUSIÓN

Se evidenciaron deficiencias en la edificación e instalaciones, área de elaboración, condiciones de instalación y funcionamiento, sistema de control y aseguramiento, condiciones de almacenamiento de alimentos y condiciones de transporte de alimentos. El personal administrador y manipulador de alimentos cumple con el estándar de cumplimiento. La documentación encontrada en los servicios de alimentación no incluye todos los factores que ayuden a controlar las variables que afectan la calidad de los alimentos.

Tabla 1. Caracterización de las instituciones

	Grupo de edad de los usuarios	Número promedio de usuarios	Tipo de Programa	Tiempos de comida suministrados	Estrato socioeconómico
Santa María	Escolares	200 – Asistencia Promedio 169	Comedor Comunitario	Desayuno/Almuerzo	1
El Pueblito	Escolares/ Adolescente	450 – Asistentes diarios 153	Comedor Extracurricular – Futbol con Corazón	Media Mañana/Media Tarde/ Almuerzo	1
La Paz	Escolares/ Adolescente	350 – Asistentes diarios 94	Comedor Extracurricular – Futbol con Corazón	Media Mañana/Media Tarde/ Almuerzo	1
Barlovento	Escolares	270 – Asistencia Promedio 240	Comedor Escolar	Desayuno/ Almuerzo	0
La Playa	Preescolares	315	Primera Infancia	Desayuno/Media Mañana / Almuerzo/Media Tarde	1
Galapa	Escolares/ Adolescente	390 – Asistentes diarios 90	Comedor Extracurricular – Futbol con Corazón	Media Mañana/Media Tarde/ Almuerzo	
Malambo	Escolares	200 – Asistencia Promedio 177	Comedor Comunitario	Desayuno/ Almuerzo	

BIBLIOGRAFÍA

- Aranceta, B., R. Pérez, S. Dalmau, H. Gill, M. Lama, M. Martín, S. Martínez, B. Pabón y C. Suarez. 2008. El comedor actual: Situación actual y guía de recomendaciones. *Anales de Pediatría* 69(1): 72-78.
- Barreiro, J., S. Mendoza y A. Sandoval. 1994. Higiene y saneamiento en la preparación y servicio de alimentos, Primera edición, Maracay, Industria gráfica integral, C.A., 155 p.
- Campos, D., Rodríguez, A., Sierra L y Arias, R. 2003. Condiciones higiénico-sanitarias de los comedores escolares de Tenerife. *Higiene y Sanidad Ambiental* 3: 56-64.
- Domínguez, B., M. Sanz, S. Redondo, G. Azpiazu, C. Moreno y D. Nogueras. 2003. Brote de Toxiinfección alimentaria por *Clostridium Perfringens* en un comedor escolar. *Medicina Clínica* 121 (12): 58-60.
- EDUBAR S.A. 2012. Estudio socioeconómico y determinación de la capacidad del sector residencial del Distrito de Barranquilla para la contribución de valorización por beneficio general
- Flores, A., C. Rincón, P. Garzón, N. Vargas, y C. Enríquez. 2007. Factores relacionados con enfermedades transmitidas por los alimentos en restaurantes de cinco ciudades en Colombia. *Revista de la asociación colombiana de infectología* 12(4): 255-266.
- Ministerio de Protección Social, 1997. Decreto 3075 de 1997. 30 p. Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas para La Alimentación y La Agricultura, FAO. 2009. Buenas prácticas de higiene en la preparación y venta de los alimentos en la vía pública en América Latina y el Caribe, Primera edición, Roma, FAO, 181 p.
- Organización de las Naciones Unidas para La Alimentación y La Agricultura, FAO. 1998. Suplemento al volumen 1B Codex Alimentarius Requisitos generales (Higiene de los alimentos), Segunda edición, Roma, FAO, 54 p.
- R Core Team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Tejada, B. 2006. Administración de Servicios de Alimentación, segunda edición, Antioquia, Universidad de Antioquia, 536 p.
- Vásquez, G., E. Gómez y E. Gamboa. 2007. Condiciones higiénico-sanitarias de los servicios de alimentación en Instituciones Infantiles del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar de Bucaramanga. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 17(1): 23-33.

Antigenicidad Residual de Proteínas de Leche de Vaca Parcialmente Hidrolizadas

Residual Antigenicity of Partially Hydrolysed Cow's Milk Proteins

F. N. Salazar¹; M. Labbé¹; M. Carrasco¹; C. Astudillo¹; P. Ulloa¹; F. López²

¹ Escuela de Alimentos, Facultad de Recurso Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Valparaíso, Chile, +56 32 2274221, fernando.salazar@ucv.cl

² Escuela de Alimentos, Facultad de Recurso Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Valparaíso, Chile, +56 32 2274221, fernando.salazar@ucv.cl

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar la antigenicidad residual presente en fracciones de proteínas de leche, caseínas y suero hidrolizadas parcialmente y fraccionadas previamente mediante microfiltración tangencial. El grado de hidrólisis (DH) de las fracciones de proteínas según el método del ortoftalaldehído (OPA) y usando una enzima del tipo alcalasa fue entre 18 y 22% con una antigenicidad residual inferior a los límites de cuantificación de alérgenos según el método de Elisa.

Palabras clave: Alergia alimentaria, leche de vaca, hidrólisis enzimática.

Abstract. The main purpose of the study was to determine the residual antigenicity of partially hydrolysed cow's milk proteins, which has fractionated previously by cross-flow microfiltration and dried by spray drying system. The degree of hydrolysis (DH) of the protein fractions was

between 18 to 22%, according to O-phthaldialdehyde assay (OPA) with a residual antigenicity lower than the limits of quantification of allergens, according to ELISA assay.

Key words: Food allergy, cow's milk, enzymatic hydrolysis.

INTRODUCCIÓN

Alrededor de 1 a 2% de la población adulta y entre un 5 y un 8% de los niños menores a 3 años (Halmerbauer *et al.*, 2002) sufren de alergia alimentaria. Por otra parte, la alergia a la leche de vaca es una de las principales causas de alergia alimentaria. Estas alergias normalmente desaparecen el primer año de vida, sin embargo, se ha demostrado que hasta el 15 % de los niños alérgicos podrían continuar con esta enfermedad (Juvonen *et al.*,

1999). Los principales alérgenos presentes en la leche de vaca son caseínas, b-lactoglobulina, y α - lactoalbúmina, sin embargo proteínas tales como suero de albumina bovino, lactoferrina y las Inmunoglobulinas (Ig) que están presente en bajas cantidades, son también posibles alérgenos (Natale *et al.*, 2004).

Varios investigadores han intentado reducir la alergenicidad de la leche mediante la aplicación de diferentes tratamientos (tratamiento térmico, Mondoulet *et al.*, 2005; tratamiento de plasma atmosférico no térmicos, Tammineedi *et al.*, 2013; ultrasonidos de alta intensidad, Stanic-Vucinic *et al.*, 2012; altas presiones hidrostáticas, López-Exposito *et al.*, 2012). Actualmente, las fórmulas infantiles hipoalérgicas, son parcialmente hidrolizada y extensamente hidrolizada, dependiendo del grado de hidrólisis según la distribución del peso molecular de las proteínas residuales (Von Berg *et al.*, 2003). En Chile el problema de alergia a la proteína de la leche de vaca es importante por el alto precio que su tratamiento implica. Es por eso que el principal objetivo de este trabajo ha sido estudiar el nivel de antigenicidad residual en fracciones de proteínas de suero, caseína y leche de vaca parcialmente hidrolizada como un primer paso para la producción de formulaciones infantiles a nivel nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó leche de vaca en polvo descremada (low heat nonfat milk powder) pausterizada a baja temperatura, la cual se reconstituyo al 20% p/p a 50°C por 30 minutos hasta homogeneidad. La leche reconstituida fue fraccionada mediante un proceso de microfiltración tangencial por membrana tangencial usando una membrana cerámica tubular de un tamaño de poro de 0,14 μ m. Siendo la corriente de

retenido la fracción de caseínas y el permeado la fracción de proteínas del suero. El proceso de filtración tangencial se llevó a cabo a 50 °C a una presión transmembrana de 30 kPa y un factor de concentración de 1,5. Las fracciones de microfiltración se mantuvieron a 4 °C por 24 h hasta su posterior hidrólisis. La hidrólisis se llevaron a cabo a 55 °C en un baño termostático utilizando 200 mL de muestra (caseína, suero nativo y leche) y 0,2 mL de alcalasa (Cas Number 914-01-1, Sigma aldrich, USA) con una actividad enzimática de 2,4 UA/g. Los ensayos se realizaron sin control de pH por 2 horas (tomando muestra cada 20 min). Las muestras fueron deshidratadas en un secador spray (B-290; BÜCHI Labor Technik AG, Flawil, Suiza) entre 160-180 °C usando maltodextrina al 20%.

La proteólisis enzimática fue estudiada determinando el contenido de proteínas totales por Kjeldahl, electroforesis en gel (SDS-PAGE), perfil aminoácido por RP-HPLC y el grado de hidrólisis OPA. Kits de ELISA comerciales (Ridascreen Fast Milk, Rida screen Fast Caseína, Rida screen Fast β – Lactoglobulin, RBiopharm, Darmstadt, Alemania). Todos los análisis de ELISA se realizaron de acuerdo a las instrucciones del fabricante y el uso de los tampones recomendados. Los resultados cuantitativos se obtuvieron midiendo la densidad óptica a la longitud de onda especificada por el fabricante, utilizando un lector de placas (Multiskan GO de Thermo Fisher Scientific, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hidrolizados parciales de proteínas de leche, suero y caseínas han sido conseguido usando alcalasa comercial con niveles de hidrólisis entre 18-22% en fracciones de leche, caseína y suero (Figura 1). Estos resultados son respaldados por los análisis de proteínas, perfil aminoácido (datos no mostrados)

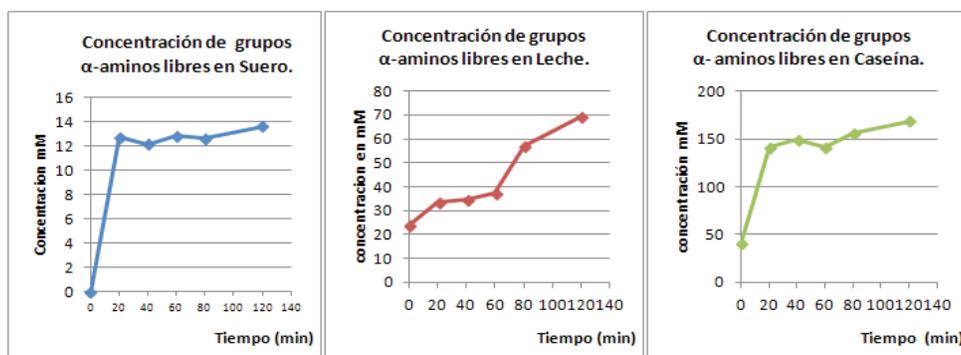


Figura 1. Curvas de concentración molar de grupos α -aminos liberados durante el tratamiento de hidrólisis (suero, leche y caseína.).

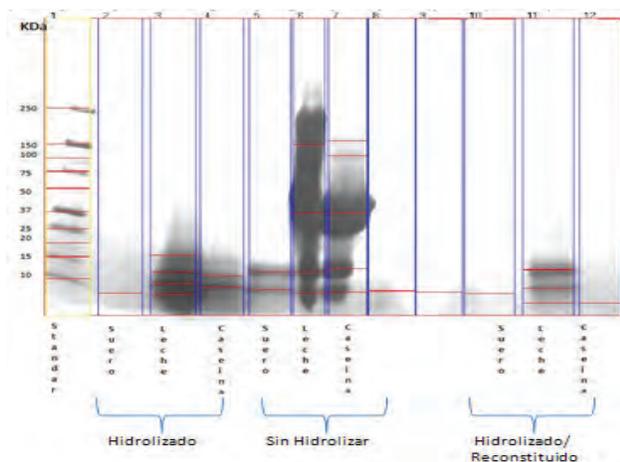


Figura 2. SDS-PAGE de las muestras control sin hidrolizar e hidrolizadas. En los carriles 2, 3, 4 y 10, 11, 12 se observan péptidos de menor peso molecular.

y la electroforesis en gel mediante SDS-PAGE (Figura 2).

Desde el punto de vista del grado de antigenicidad usando diferentes kits comerciales específicos para proteínas de leche, caseínas y proteínas del suero indican que todos los hidrolizados disminuyen los niveles de alérgenos a una concentración igual o menor a los límites de detección del método de ELISA utilizado.

Tabla 1. Resultados de antigenicidad en los hidrolizados en polvo reconstituidos.

Muestras	Muestra control (ppm)	Hidrolizados (ppm)	Límite de cuantificación (ppm)
Leche	30.1	<2,5	<2,5
Suero	5.1	<0,5	<0,5
Caseínas	3.24	<0,5	<0,5

CONCLUSIÓN

La leche puede ser hidrolizada parcialmente sin necesidad de ser fraccionada previamente, consiguiendo una reducción importante en los niveles de antigenicidad menores a los límites de detección según el método de Elisa aplicado. Estudios posteriores para determinar el grado de alérgenicidad son necesarios.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por EUROCHILE, la embajada de Francia y el instituto francés.

BIBLIOGRAFÍA

Bernard, H., L. Mondoulet, E. Paty, M.F. Drumare, S. Ah-Leung, P. Scheinmann, R.M. Willemot and J.M. Wal. 2005. Influence of thermal processing on the allergenicity of peanut proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(11): 4547-4553.

Halmerbauer, G., C. Gartner, M. Schier, H. Arshad, T. Dean, D.Y. Koller, W. Karmaus, J. Kuehr, J. Forster, R. Urbanek, T. Frischer and SPACE collaborative study team. 2002. Study on the prevention of allergy in children in Europe (SPACE): allergic sensitization in children at 1 year of age in a controlled trial of allergen avoidance from birth. *Pediatric and Allergy Immunology* 13(15): 47-54.

Juvonen, P., M. Mansson, Ni. Kjellman, B. Bjorksten and I. Jakobsson. 1999. Development of immunoglobulin G and immunoglobulin E antibodies to cow's milk proteins and ovalbumin after a temporary neonatal exposure to hydrolyzed and whole cow's milk proteins. *Pediatric Allergy and Immunology* 10(3): 191-198.

López-Exposito, I., R. Chicón, J. Belloque, R. López-Fandiño and M.C Berin. 2012. In vivo methods for testing allergenicity show that high hydrostatic pressure hydrolysates of β -lactoglobulin are immunologically inert. *Journal of Dairy Science* 95(2): 541-548.

Natale, M., C. Bisson, G. Monti, A. Peltran, L.P Garoffo and S. Valentini. 2004. Cow's milk allergens identification by two-dimensional immunoblotting and mass spectrometry. *Molecular Nutrition and Food Research* 48(5): 363-369.

Stanic-Vucinic, D., M. Stojadinovic, C.M. Atanaskovic-Markovi, J. Ognjenovic, H. Gronlund, M. Van Hage, R. Lantto, A. Sancho and T. Cirkovic. 2012. Structural changes and allergenic properties of b-lactoglobulin upon exposure to high-intensity ultrasound. *Molecular Nutrition and Food Research* 56(12): 1894-1905.

Tammineedi, G., R. Choudhary, G. Perez-Alvarado and D. Watson. 2013. Determining the effect of UV-C, high intensity ultrasound and nonthermal atmospheric plasma treatments on reducing the allergenicity of a-casein and whey proteins. *LWT - Food Science and Technology* 54(1): 35-41

Von Berg, A., S. Koletzko, A. Grubl, B. Filipiak-Pittroff, H.E. Wichmann, C.P. Bauer, D. Reinhardt and D. Berdel. 2003. The effect of hydrolyzed cow's milk formula for allergy prevention in the first year of life: the German infant nutritional intervention study, a randomized double-blind trial. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 111(3): 533-540

Preparation of Cookies (Bean-Cassava-Wheat) with High Nutritional Quality

Preparación de galletas (frijol-yuca-trigo) con alta calidad nutricional

A. Tofiño¹; Cabal, D²; S. Lissbrant³; S. Gallego⁴

¹ Ingeniera Agrónoma. PhD en Ciencias Agrarias. Investigador. CORPOICA.

Docente Titular Universidad de Santander. Cali, Colombia. <atofino@corpoica.org.co>

² Estudiante Ingeniería Agroindustrial. Semillero Investigación Universidad Popular del Cesar. Cesar, Colombia. <dccabalg@unal.edu.co>

³ Ingeniera Agrónoma. PhD en Ciencias Agrarias. Investigador Observatorio del Caribe Colombiano. <slissbrant@ocaribe.org>

⁴ Ingeniera Química. Investigador Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Corporación CLAYUCA. Cali, Colombia. s.gallego@cgjar.org

Abstract. Bean is the most important edible legume for human consumption worldwide and recently the use of bean-based flours has, due to its functional properties. Cassava, have potential of partially replacing wheat flour, without losing the organoleptic qualities of the final product. This study, was conducted in order to explore the possibilities of preparing mixed flour (bean-cassava-wheat) to be used in the making of biofortified cookies. An elaboration procedure for bean-based flour with adequate nutritional characteristics was obtained. Determination of the nutritional quality of flours. The nutritional characterization suggests that it is a high quality product, considering that the percentage of dialyzable Fe has been described as a reliable indicator of its availability in food products, phytate content presented values higher than 15. However, the phenol and fiber contents were maintained in the flour, further studies are needed to determine the nutritional effects in children as a result of cookies regular ingestion.

Key words: diluted flour, micronutrients, phytate, Manihot esculenta Crantz, biofortified food, Phaseolus vulgaris L

Resumen. El frijol es la leguminosa mundialmente más importante para el consumo humano y recientemente se ha implementado su uso como base de harinas debido a sus propiedades funcionales. La yuca, tiene potencial para reemplazar parcialmente la harina de trigo, sin la pérdida de cualidades organolépticas en el producto final. Este estudio se realizó con el objetivo de explorar las posibilidades de elaboración de harinas mixtas (frijol-yuca-trigo) para su uso en la elaboración de galletas biofortificadas. Se obtuvo un procedimiento para la producción de harina de frijol con características nutricionales adecuadas. Se determinaron los componentes de calidad nutricional de las harinas. La caracterización nutricional sugiere que el producto posee alta calidad, considerando que el porcentaje de Fe dializable se ha descrito como indicador de disponibilidad

en productos alimenticios, el contenido de fitato presenta valores superiores a 15. Sin embargo, el contenido de fenoles y fibra se mantuvieron, requiriéndose estudios detallados del efecto en niños de la ingesta de las galletas.

Palabras clave: harinas diluidas, micronutrientes, fitatos, Manihot esculenta Crantz, alimentos biofortificados, Phaseolus vulgaris L.

INTRODUCTION

Modern consumers show interest in health aspects of the food they consume (Argyri *et al.*, 2009). Low ingestion of micronutrients affects three billion persons around the world. Lack of iron (Fe), iodine (I), vitamin A, and zinc (Zn) are currently the most important deficiencies for human health in the developing world. Therefore, the biofortification of crops such as bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is being proposed as an alternative to combat said nutritional limitations. The increase in the use of legume-based flours in different formulations of food products has raised great interest. The combination of cereal and legume proteins would thus provide a better overall balance of essential amino acids, which is important in a balanced diet (Kohajdová, *et al.*, 2013). In Colombia, despite that the consumption of bean is well-established, studies regarding the elaboration of flour from this legume have not been performed. This work was conducted in order to study the possibility of preparing mixed flour (bean-cassava-wheat) to be used in the making of biofortified cookies with high nutritional content.

MATERIALS AND METHODS

The biofortified bean SMN18, cassava variety HMC-1 and Commercial wheat flour were used. The Bean Flour was obtained by pre-cooked during 1h at 40°C in a 1:4 proportion of water, mashed and oven dried for 4h at 100°C. The flour was passed through a 212µm diameter sieve in order to obtain a fine and homogenous product. The cookies were prepared using 1-400g biofortified bean flour-2. 250g of melted butter, 30g of baking powder, 100g of sugar, two eggs,

Table 1. Determination of antimetabolites, total phytates, phytic acid to Zn mole ratio, dialyzed Fe and protein digestibility in two types of cookies prepared with mixed flours and wheat flour as a control.

Sample	Total phytates (mg/g)*	Phytic acid to Zn mole ratio	Dialyzed Fe %	Protein digestibility %
Control	2.572±0.23	38.921±3.58	5.807±0.17 ^b	74.933±0.73
Cookie 1	2.775±0.46	31.576±5.24	6.662±0.40 ^a	74.258±0.45
Cookie 2	2.922±0.45	33.254±5.17	5.781±0.24 ^b	74.336±0.94
Casein				88.472±0.32

*Total phytates concentration on a dry weight basis. Different letters indicate significant differences at the 5% level of probability.

and 60g of milk. Once the dough is ready is baked during 15 min at a temperature of 180°C. Total phytates were determined by Latta and Eskin (1980), Zn by Hotz and Brown, (2004), Fe was dialyzed by Argyri *et al.*, (2009), and protein digestibility by McDonough *et al.*, (1990). All measures were done with a minimum of two replicates. The analyses were done using Stata Software version 9 (Stata Corp LP 2005). The results represent the means ± the standard deviation.

RESULTS AND DISCUSSION

The majority of food products that present elevated contents of phytic acid are good sources of dietary fiber which have a high affinity for minerals. Although phytates and fiber are separate and evaluated independently, it is difficult to attribute the negative effects in the bioavailability of the minerals only to the presence of phytates (Martinez *et al.*, 2002). The nutritional characterization suggests that it is a high quality product, considering that the percentage of dialyzable Fe has been described as a reliable indicator of its availability in food products (Argyri *et al.*, 2009). Cookie 1 (prepared with mixed flour B(15)-C(15)-W(70) presented a statistically higher percentage of Fe compared to the control which indicates that the proportion of the ingredients of said sample allows for a greater Fe absorption by the consumer. On the other hand the phytate content, Zn, and the protein digestibility did not show statistically significant differences in either of the cookies when they were compared to the control (Table 1).

The methodology used estimates the bioavailability of Zn by means of the phytate content. In this case, the cookies made from mixed flour, as well as the controls based on wheat flour, presented values higher than 15, which indicates low bioavailability of Zn. Many studies have shown that a diet rich in phytates cause mineral deficiencies (Zn, Fe) (Abd-El-Moneim *et al.*, 2011). However, beneficial health effects have also been shown (Gharib *et al.*, 2006). The use of phytic acid to Zn mole ratio has been suggested as an indicator of the bioavailability of Zn, and values above 15 are assumed to result in a decreased absorption of the mineral. According to the results, no statistically significant difference was found between the three cookies in terms of protein digestibility or

in casein concentration which in the control was 90%, indicating good nutritional quality in the formulations. Similar results were obtained by Kohajdová *et al.* (2013) despite that the new preparations had greater protein content compared to the wheat flour due to the contribution of a large number of amino acids (7.5%-10%).

CONCLUSIONS

In this study a procedure was developed for producing bean flours that can contribute to increasing the nutritional status of the population of Colombia through its consumption in form of cookies. Additionally, Sensory study suggest high quality in biofortified cookies. However, further studies are needed to determine the nutritional effects in children as a result of regular ingestion of these cookies.

BIBLIOGRAPHY

- Abd-El-Moneim, M.R.A., H.S El-Beltagi, S.M Abd El-Salam, and A.A. Omeran. 2011. Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. *Adv Food Sci.* 33:133-140.
- Argyri, K., A. Birba, D.D. Miller, M. Komaitis and M. Kapsokefalou. 2009. Predicting relative concentrations of bioavailable iron in foods using in vitro digestion: new developments. *Food Chemistry.* 113(2): 602-7.
- Gharib, M. 2006. Bioavailability of essential trace elements in the presence of phytate, fiber and calcium. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.* 270(1): 209- 215.
- Kohajdová Z., J. Karovicová and M. Magala. 2013. Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits. *Croatian Journal Food Science and Technology.* 5(1): 11-17.
- Latta, M. and M. Eskin. 1980. A Simple and Rapid Colorimetric Method for Phytate. *J. Agric. Food Chem.* 28 (6): 1313-1315.
- Martínez B., M.V. Ibáñez y L.F Rincón. 2002. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. ALAN [revista en la Internet]. En: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-6222002000300001&lng=es 52(3): 219-231.; consulta: abril 2014
- McDonough F.E., F.H. Steinke, G. Sanwar, B.O. Eggum, R. Bressani, P.J. Huth, W.E. Barbieau, G.V. Mitchell and J.G. Phillips. 1990. In vivo rat assay for true protein digestibility: collaborative study. *J Assoc off Anal Chem.* 73(5): 801-5.

Clasificación de Alimentos Consumidos en Tiendas Escolares, Según Contenido de Nutrientes Trazadores de Riesgo, Medellín – 2012

Classification of Food Consumed in School Stores, as Nutrient Content Tracers Risk, Medellín – 2012

Luz Marina Arboleda M¹; Laura Rodríguez M; Daniela Varela A; John Edison Velasquez V; Catherine Zuluaga G.

1 Docente Escuela de Nutrición, U de A, Magister, Candidata a doctora en Ciencias Sociales; e-mail: luzmar.arboleda@gmail.com,

2 Estudiantes de Nutrición y Dietética- Escuela de Nutrición, U de A.

Resumen. El objetivo de este estudio fue establecer una clasificación de los alimentos más consumidos en las tiendas escolares (snacks, ponqués, galletas, dulces y bebidas azucaradas) según el grado de riesgo para la salud. Estudio descriptivo transversal, por medio del cual se identificaron los componentes nutritivos y no nutritivos declarados en la etiqueta nutricional de los alimentos más consumidos en tiendas escolares de Medellín por porción comercial, y luego se clasificó su riesgo de acuerdo al número y cantidad de dichos componentes. Se analizaron un total de 130 Productos: 38 snacks, 17 dulces, 44 Tortas, galletas y barras de cereal, y 31 bebidas azucaradas. Se encontró que los alimentos con riesgo severo tienen presentaciones comerciales de más de 45g, son alimentos con sabores y colores artificiales, con rellenos en su interior, con chocolates. Y los alimentos Sin riesgo presentan características opuestas a los anteriores, es decir, presentaciones comerciales de menos de 20g, y sin sabores y colores artificiales; todas las bebidas azucaradas se clasificaron en riesgo moderado, es decir, que ninguna se clasificó sin riesgo, debido a la adición de colorantes y al tamaño de las presentaciones comerciales.

Palabras clave: Riesgo severo, alimentos, snacks, dulces, bebidas azucaradas.

Abstract. The aim this study was to establish a classification of the most consumed foods in school stores (snacks, cakes, cookies, candy and sugary drinks) according to the degree of health risk. A cross, by which nutritional components were identified and no nutrient declared in the nutrition label of the foods most consumed by school stores Medellin commercial lot, then your risk is classified according to the number and amount of these components. 38 snacks, 17 sweet 44 cakes, cookies and cereal bars, and sugary drinks 31: A total of 130 products were analysed. We found that severe risk foods have business presentations over 45 g, are foods with artificial flavors and colors, with fillings inside, with chocolates. And Food Without Risk presented opposite the above features, business presentations less than 20g, without artificial flavors and colors, all soft drinks were classified as moderate

risk, that no qualified without risk because adding dyes to the size and commercial presentations.

Key words: Severe risk, food, snacks, sweets, soft drinks.

INTRODUCCIÓN

El padecimiento de enfermedades crónicas no trasmisibles en la población en general ha estado en aumento en las últimas décadas, en especial el sobrepeso y la obesidad (OMS, 2013); en el caso de los escolares de la Ciudad de Medellín específicamente, se presenta dicho fenómeno (Alcaldía de Medellín, 2010). Existen múltiples factores que predisponen a lo anterior, un aspecto importante, es el alto consumo de snacks, galletas, dulces, tortas, ponqués y bebidas azucaradas en las instituciones educativas. (Consumo de Snacks y obesidad infantil, 2013). En la investigación alimentación en las tiendas escolares de Medellín, 2012, se encontró que estos alimentos aparte de ser de fácil acceso por su bajo precio, son altamente consumidos por los escolares dado su sabor y atractiva apariencia (Arboleda *et al.*, 2012). Además, tienen un alto aporte de kilocalorías por porción, grasas saturadas, grasas trans, sodio, colesterol, carbohidratos, colorantes y saborizantes. Un elevado consumo de dichos nutrientes puede ocasionar múltiples efectos adversos a la salud (Gargallo *et al.*, 2012). Según la OMS: “La obesidad infantil se asocia con una mayor probabilidad de obesidad, muerte prematura y discapacidad en la edad adulta”. Lo anterior motivo el desarrollo de esta investigación la cual buscó establecer una clasificación de los alimentos más consumidos en las tiendas escolares (snacks, ponqués, galletas, dulces y bebidas azucaradas) según el grado de riesgo para la salud, resultados que sirven como insumo para la toma de decisiones políticas que redundan en el bienestar de los escolares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio descriptivo transversal a través del cual se pretendió identificar los componentes nutritivos y no nutritivos de snacks, dulces, galletas y tortas, ponqués, barras de cereal y bebidas azucaradas, más consumidos por escolares, y considerados como alimentos trazadores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles. Luego se diseñó una clasificación de acuerdo al número y cantidad de dichos componentes. En total se analizaron 130 productos alimentarios: 38 snacks, 17 dulces, 44 tortas, y 31 bebidas azucaradas. Estos alimentos fueron identificados por observación en el trabajo de campo de la investigación alimentación en las tiendas escolares de Medellín², realizada en el 2012, la cual indagó en 169 instituciones educativas, 38% de carácter privado y 62% de carácter público. Los componentes evaluados fueron: **Componentes nutritivos:** kilocalorías por porción, grasas saturadas, grasas trans, sodio, colesterol y carbohidratos. **Componentes no nutritivos:** colorantes y saborizantes

Posteriormente, se establecieron unos criterios para clasificar los productos según su grado de riesgo, los cuales se definieron teniendo en cuenta:

La presencia y número de nutrientes de riesgo que aportan el 8% o más del valor diario establecido.

La presencia de aditivos de alto riesgo para la salud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a lo anterior se definieron 4 categorías para clasificar los alimentos: severo, moderado, leve y sin riesgo.

Tabla 1. Clasificación de riesgo para la salud de alimentos ofertados en tiendas escolares.

Clasificación	Criterios de clasificación
Severo	Presencia de 3 o más nutrientes con aporte de más del 8% del valor diario establecido, y/o con contenido de aditivos de alto riesgo.
Moderado	-Presencia de 2 o 3 nutrientes con aporte de más del 8% del valor diario establecido, pero sin aditivos de alto riesgo. -Presencia de 2 nutrientes con aporte de más del 8% del valor diario establecido, con presencia de un aditivo de alto riesgo.
Leve	-Presencia de 1 nutriente con aporte de más del 8% del valor diario establecido, sin aditivos de alto riesgo. -Presencia de 1 nutriente con aporte de más del 8% del valor diario establecido, con 1 aditivo de alto riesgo. -Ningún nutriente con aporte de más del 8% del valor diario establecido, pero con presencia de aditivos de alto riesgo.
Sin riesgo	Sin presencia de nutrientes con aporte de más del 8% del valor diario establecido y ausencia de colorantes de alto riesgo.

Se considera que un alimento es fuente de un nutriente cuando aporta más del 10% de valor diario en la porción, en esta investigación se analizó a partir del 8% del aporte por fines preventivos.

En esta comunicación sólo se reportaran las características de los primeros alimentos de las clasificaciones: severos y sin riesgo; de esta manera se identifican los alimentos con mayor y menor contenido de nutrientes trazadores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles. Los alimentos clasificados como "severos", del grupo de los snacks son: una marca de maíz inflado de 56g que contiene tartrazina, el 22,1% del VD de sodio, el 35% del VD de ácidos grasos saturados, y el 11,3% de CHO's; un empaquetado de expandido de maíz con caramelo por presentación de 50g, aporta el 10,4% del VD de sodio, el 20% del VD de ácidos grasos saturados, el 13,3% de CHO's; y un empaquetado mixto sabor a limón presentación de 50g, que aporta el 17,5% del VD de sodio, 30% del VD de ácidos grasos saturados, y 9,3% del VD de CHO's; este grupo presenta mayor aporte de ácidos grasos saturados. Los alimentos clasificados en el grupo de galletas, tortas, ponqués y barras de cereal como severos son: ponqués de chocolate y arequipe, con una presentación de 80g, que aporta el 9% del VD de sodio, el 35% de ácidos grasos saturados, el 32% del VD de colesterol y el 16% del VD de CHO's, los cuales presentan un gran aporte de ácidos grasos y de colesterol. Los dulces clasificados como severos son confites de chocolate rellenos en su interior, con presentación por 45g cuyo mayor aporte es de ácidos grasos saturados, el 37% VD en promedio. En el grupo de bebidas azucaradas no se clasificó ningún producto en severo por lo tanto se presenta la clasificación de Moderado: los cuales son bebidas-jugo de naranja y mora y bebidas gaseosas de color naranja con presentación en promedio de 300g, que aportan principalmente CHO's, el 17% en promedio del VD. Los productos clasificados "sin riesgo" son: un maíz inflado por 10g. Una marca de tocineta por 13g, y una marca de crispetas por 20g, los cuales tienen un bajo aporte al VD de todos los nutrientes estudiados, debido principalmente a su tamaño. En el grupo de galletas, tortas, ponqués y barras de cereal, los productos clasificados sin riesgo son un ponqué con relleno de arequipe por 33g, y una barra de cereal de avena y almendras por 23g En el grupo de los dulces, está un bombón por 20g y un dulce suave por 16g los cuales aportan principalmente CHO's, el 5% del VD. Y en el grupo de las bebidas azucaradas ninguna se clasificó en el grupo "sin riesgo".

CONCLUSIONES

Los alimentos clasificados en riesgo severo tienen en común la presencia de 3 o más nutrientes analizados, con aporte de más del 8% del valor diario establecido y con contenido de aditivos de alto riesgo, la mayoría de estos están en presentaciones de más de 45g, algunos de estos son de chocolate y con sabores artificiales. Muchos de los alimentos ofertados en las tiendas escolares, están clasificados en riesgo severo, los cuales pueden aumentar la prevalencia de sobrepeso, obesidad y demás enfermedades crónicas no transmisibles. Por su parte, los productos clasificados sin riesgo son aquellos que no aportan más del 8% de nutrientes del valor diario establecido, ni de colorantes de alto riesgo, son productos que vienen por presentaciones comerciales, en promedio, de 20gr y no contienen sabores artificiales. Los cuales se pueden ofertar en las tiendas escolares por su bajo aporte en cantidad y porcentaje de nutrientes de alto riesgo para la salud; es importante recalcar que ninguna bebida azucarada se clasificó sin riesgo. La Tartrazina, colorante usado en algunos snacks y bebidas gaseosas, se ha relacionado con cuadros alérgicos como urticaria y asma, además de producir hiperactividad (Nutrición XXI, 2002). Hay investigaciones que demuestran que el glutamato monosódico contenido en diferentes snacks podría influir en la regulación hipotalámica del apetito, favoreciendo el consumo elevado de alimentos que contienen este producto y generando así, sobrepeso y obesidad.

BIBLIOGRAFÍA

- OMS. 2013. Obesity and overweight [Internet]. [Consultado el 21 de noviembre de 2013]. En: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Alcaldía de Medellín. 2010. Caracterización de la seguridad alimentaria y nutricional de los hogares del municipio de Medellín a través del perfil alimentario y nutricional Medellín 2010. [Internet] [Consultado 2013 Abril 17]. En: <http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Bienestar%20Social/Secciones/Indicadores%20y%20Estad%20C3%ADsticas/Documentos/2011/perfil%202010.pdf>
- Consumo de Snacks y obesidad infantil. [Internet]. [Consultado el 21 de noviembre de 2013]. Disponible en: http://alimentacion.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=270:consumo-de-snacks-y-obesidad-infantil&catid=60:obesidad-&Itemid=73
- Arboleda, L.M., B.E. López, M.O. Ciro, y Y. Obando. Alimentación en las tiendas escolares de Medellín en 2012 disponibilidad y consumo de alimentos. Medellín: Divegráficas; 2012.
- Gargallo, M., J. Quiles Izquierdo, J. Breton, I. Lesmes, X. Formiguera y J. Salas. 2012. Recomendaciones nutricionales basadas en la evidencia para la prevención y el tratamiento del sobrepeso y la obesidad en adultos (consenso FESNAD-SEEDO). La dieta en la prevención de la obesidad (II/III). *Nutr Hosp.* 27(3):800-832.
- Nutrición XXI, 2002. Aditivos, Cuáles son y qué riesgos tienen. *Nutrición XXI*; Diciembre- Enero. [internet] [21 de noviembre de 2013]. Disponible en: http://www.inta.cl/revistas/nut_21/8.pdf

Suplemento con Valor Protéico para la Población en Riesgo Nutricional y de Salud. Espoch

Supplement with Protein for the Population Health and Nutritional risk. Espoch

Mayra Logroño Veloz¹; Lourdes Benitez Santillan¹; Sarita Betancourt Ortiz¹; Maribel Vallejo Chávez¹ Ana Moreno¹; Janeth Fonseca¹

1 ESPOCH Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur Km 1 ½ ECO60155, Riobamba. Chimborazo-Ecuador. (+593) 03 2998200. Fax: (+593) 032317001. <cepiad@espoch.edu.ec>; <alexalog@hotmail.com>

Resumen. El objetivo de esta investigación fue diseñar un alimento innovador, como un suplemento con productos andinos de alto valor proteico para población en riesgo nutricional y de salud. Se aprovecharon alimentos de la zona andina del Ecuador en la provincia de Chimborazo como: quinua (*Chenopodium quinoa*), chocho (*Lupinus mutabilis*), arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*), frejol rojo, frejol blanco (*Phaseolus vulgaris*), zanahoria (*Daucus carota*) y

nuez de nogal (*Juglan neotropica*); frescos, se deshidrataron y molieron para realizar 5 tipos de mezclas con una relación de 70% de cereal y 30% de leguminosa alternada; los demás componentes se adecuaron para completar 50 gramos de mezcla para pruebas. Se sometieron a análisis bromatológicos y pruebas físicas por triplicado, los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar, la prueba de Duncan, nos arrojó los siguientes resultados : La mezcla 1 (quinua,

chocho, zanahoria y tocte) contiene mayor valor proteico $17,3215 \pm 0,22$, pero presenta mayor acidez titulable $0,8812 \pm 0,012$ que la mezcla 3 (quinua, arveja, zanahoria, tocte) $0,7453 \pm 0,012$ la misma que tiene mayor cantidad de calorías totales: $367,9$ cal que todas y el Índice de solubilidad (ISA) en la mezcla 3 es $0,2403 \pm 0,0071$ mayor que la mezcla 1: $0,1818 \pm 0,0071$ y son significativamente diferentes; la absorción (IAA) en agua es elevada en la mezcla 3: $5,4226 \pm 0,2143$; lo que hace que la mezcla 3 que contiene quinua, arveja, zanahoria y tocte sea de mayor biodisponibilidad para personas que tienen mayor riesgo nutricional y de salud.

Palabras claves: Suplemento, Producto Andino, Mezcla Alimentaria.

Abstract. The objective of this research was to design an innovative food as a supplement with Andean high-protein products for nutritional risk and population health. Quinoa (*Chenopodium quinoa*), lupine (*Lupinus mutabilis*), pea (*Pisum sativum*, bean (*Vicia faba*), red beans, white beans (*Phaseolus vulgaris*), carrot (*Daucus carota*) and walnut (*Juglan neotropica*); fresh area dehydrated and milled to make 5 types of mixtures with a ratio of 70 % grain and 30 % in alternating legume, the other components were adapted to complete 50 grams of mixture for testing. Bromatologic analysis and physical tests were in triplicate, the results were analyzed in a completely randomized design and Duncan test performed. Mixture 1 (quinoa, lupine, carrot and tocte) contains more protein 17.3215 ± 0.22 , higher acidity 0.8812 ± 0.012 to Mix 3 (quinoa, peas, carrots, tocte) 0.7453 ± 0.012 but having higher number of total calories: 367.9 cal each and the solubility index (ISA) at 3 mixture is 0.2403 ± 0.0071 higher than mixture 1: $0.1818 \pm 0,0071$ and are significantly different, the absorption (IAA) is high in water at 3: 5.4226 ± 0.2143 , which causes that mixture 3 containing quinoa, peas, carrot and tocte is higher bioavailability for individuals that are more nutritional and health risk.

Key words: Supplement, Product Andino, Food Mix.

INTRODUCCIÓN

La oferta de suplementos actualmente son adquiridos bajo importación de multinacionales farmacéuticas, incrementando su costo, restringiendo el acceso de quienes realmente necesitan, no existe actualmente ningún centro en el país generador de investigación coordinada, planificada en suplementación alimentaria.

El objetivo de esta investigación contribuye al estudio de un suplemento proteico, basado en la combinación adecuada de cereales y leguminosas principalmente

usando productos andinos para potenciar sus propiedades nutricionales, ancestrales que son valiosas en la nutrición y salud y que son productos propios de la zona andina que tiene nuestro país. Al momento no contamos con un suplemento que reúna estas características, que posea un valor agregado con un mínimo de proceso y de fácil acceso para consumidores con riesgo nutricional y de salud en los adultos mayores la pérdida de masa muscular y problemas de desnutrición, orientados a contribuir al Plan Nacional del Buen Vivir.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los alimentos andinos que se utilizaron en la investigación con que se realizaron las mezclas fueron: fréjol blanco, fréjol rojo, arveja, haba, zanahoria, quinua, chocho, tocte, estado de los productos mencionados es fresco con madurez adecuada, que fueron sometieron a secado y posterior molienda, obteniendo un polvo fino de cada uno de los alimentos; para luego realizar una fórmula con un diseño completamente al azar el cual consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales que son las mezclas de productos andinos, donde la quinua, zanahoria y tocte son comunes en todos los tratamientos, y lo que se modifica es el tipo de leguminosa; de modo que se obtienen cinco tipos de tratamientos de mezclas andinas (Lanyau *et al.*, 2013), detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de Mezclas Andinas

MEZCLA	CEREAL 26 g	LEGUMINOSA 11 g	ZANAHORIA 12,5 g	TOCTE 0,5g	TOTAL 50g
Fórmula porcentual	52%	22%	25%	1%	100%
Fórmula referencial	70%	30%	34%	1%	100%
1	QUINUA	CHOCHO	zanahoria	Tocte	
2	QUINUA	HABA	zanahoria	Tocte	
3	QUINUA	ARVEJA	zanahoria	Tocte	
4	QUINUA	FREJOL ROJO	zanahoria	Tocte	
5	QUINUA	FREJOL BLANCO	zanahoria	Tocte	

Fuente: CEPIAD. 2013

Análisis Bromatológicos. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Salud Pública de la ESPOCH (Benítez, 2008) por triplicado. Humedad: Deseccación en estufa Jouan EU 115 con circulación de aire caliente. Cenizas: Incineración en mufla NTE INEN 0520. Extracto Etéreo: Extracción mediante Goldfish NTE INEN 0523. Fibra Total: Digestión Acido-Base en Digestor de Fibra NTE INEN 0523. Proteína Total: Macro Kjeldhal NTE INEN 0519 en Equipo TecatorTM Digestor FOSS Unidad de Destilación Automática FOSS. Tecator TM Scrubber 10014329/Rev1. Azúcares totales y reductores: Titulación Reducción del Cobre con mezcla de Fehling A y B. Análisis Físicos. Acidez titulable: Titulación Acido- Base NTE INEN 0521. Índice de Solubilidad en agua (ISA) e Índice de absorción en agua (IAA): Gravimetría según Anderson y Col (1969). Índice de solubilidad en leche deslactosada (ISL): adaptado al método de Gravimetría según Anderson y Col (1969). Calorías Totales: Se realizó por cálculo en base a los porcentajes transformadas a base húmeda de los nutrientes: grasa, proteína y carbohidratos totales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Análisis Bromatológico de las Mezclas en Base Seca se observa diferencias de éstas en cuanto a sus componentes alimentarios, para los parámetros de % humedad, % sólidos totales, % Extracto Etéreo, % azúcares reductores,

% carbohidratos totales, y % proteína, estas diferencias son estadísticamente significativas puesto que el valor de p es < de 0,05. El % Cenizas y el % fibra de las mezclas presentan diferencias entre sus valores pero estas no son estadísticamente significativas ya que el valor de p no fue menor a 0,05.

Las muestras 2,3,5 no tienen significancia de acidez entre sí, mientras que la muestra 4 presenta menor acidez por el contenido de frejol rojo, en cambio la muestra 1 contiene mayor acidez y podemos decir que es por el contenido de grasa que se enrancia más y es propio del chocho. La mezcla 3 que contiene quinua, arveja, zanahoria y tocte presenta mayor índice de solubilidad en agua y mayor índice de absorción en agua y exhibe una diferencia significativa con respecto a la demás mezclas, se debe a la gran cantidad de azúcares totales que contiene, por lo cual esta mezcla es de mayor absorción.

La mezcla 3 es la de mayor aporte energético, este valor está directamente proporcional al aporte de carbohidratos ya que ésta es la que más carbohidratos reporta; en la mezcla 1 en cambio, se observa un mayor porcentaje de grasas así como de proteínas. Las mezclas 2, 5 y 4 son las que menor aporte calórico presentan, y entre estas se muestran valores energéticos que van en orden ascendente

Tabla 2. Resultado ANOVA de un Diseño completamente al azar de los Análisis Bromatológicos de las mezclas en base seca.

Análisis Bromatológicos	MEZCLAS					ET significancia
	1	2	3	4	5	
% Humedad	12,4849a	12,0500a	10,3875a	11,0767a	7,6954b	p < 0,01 ±0,75
% Sólidos totales	87,5153a	87,9499a	89,6123a	88,9232a	92,3012b	p < 0,01 ±0,75
% Cenizas	4,1323a	4,5784a	4,4317a	4,7565a	3,9859a	NS ±0,75
% Extracto Etéreo	14,7347b	6,3315ab	9,6167ab	6,6726a	7,3148a	p < 0,00 ±0,94
% Fibra	19,4012b	10,8725a	11,9591a	16,4832a	15,1955a	p < 0,1 ±1,98
% Azúcares reductores	25,41abc	21,01abc	38,35ab	27,75a	35,68ac	p < 0,01 ±2,54
% Carbohidratos totales	41,57ac	29,81ab	67,85acd	58,13ac	52,63ad	p < 0,001 ±4,28
% Proteína	17,3215b	15,3628b	12,8145a	12,6928a	13,0217a	p < 0,001 ±0,22

1=quinua, chocho, zanahoria, tocte 2= quinua, haba, zanahoria, tocte/3= quinua, arveja, zanahoria, tocte/4= quinua, frejol rojo, zanahoria, tocte/5= quinua, frejol blanco, zanahoria, tocte .Fuente: CEPIAD. 2013

Tabla 3. Análisis ANOVA de pruebas físicas de las Mezclas

MEZCLAS						
Análisis físicos	1	2	3	4	5	ET significancia
Acidez titulable	0,8812b	0,7516a	0,7453a	0,6615c	0,7146a	$p < 0,001 \pm 0,012$
Índice de solubilidad en agua	0,1818b	0,2304ac	0,2403c	0,1861a	0,2086b	$p < 0,001 \pm 0,007$
Índice de absorción en agua	4,7737ab	5,2470a	5,4226a	4,3403b	5,2220a	$p < 0,1 \pm 0,214$
Índice de solubilidad en leche deslactosada	0,9278b	1,0355a	1,0079a	1,0489a	1,0053a	$p < 0,1 \pm 0,02$

1=quinua, chocho, zanahoria, tocte 2= quinua, haba, zanahoria, tocte/3= quinua, arveja, zanahoria, tocte/4= quinua, frejol rojo, zanahoria, tocte/5= quinua, frejol blanco, zanahoria, tocte .Fuente: CEPIAD. 2013

Tabla 4. Calorías de las mezclas de productos andinos

MEZCLAS					
	1	2	3	4	5
CALORIAS DE LA GRASA TOTAL	116,05	50,11	73,45	53,4	60,7
CALORIAS DE CARBOHIDRATOS	145,52	104,86	243,20	206,76	134,32
CALORIAS DE LAS PROTEINAS	69,28	61,41	51,24	50,76	52,08
CALORIAS TOTALES	330,85	216,41	367,9	310,92	307,10

1=quinua, chocho, zanahoria, tocte 2= quinua, haba, zanahoria, tocte/3= quinua, arveja, zanahoria, tocte/4= quinua, frejol rojo, zanahoria, tocte/5= quinua, frejol blanco, zanahoria, tocte. Fuente: CEPIAD. 2013

CONCLUSIONES

La mezcla 1 (quinua, chocho, zanahoria y tocte) contiene mayor cantidad de proteína, pero por la cantidad de grasa elevada, presenta mayor rancidez que todas las mezclas, por lo que se descarta su uso como suplemento.

La mezcla 3(quinua, arveja, zanahoria y tocte) presenta mayor cantidad de carbohidratos, y mejor índice de solubilidad en agua y en leche deslactosada, y mayor índice de absorción lo que le potencializa como una mezcla de mejor biodigestibilidad.

La mezcla 3 contiene mayor cantidad de calorías con respecto a las otras y es de 368 cal/ 100g de mezcla que se deberán consumir en tres porciones al día disueltos en agua tibia para suplir por lo menos el 50% de la Ingesta Diaria Admisible para una población que consume 2000 calorías.

Con el afán de contribuir a las políticas del buen vivir en esta investigación se diseñó, analizó, formuló, un

suplemento a base de productos andinos propios de la zona y así contribuir al buen vivir de nuestra sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Salud Pública.

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, L. 2008, Manual de Prácticas de Bromatología. Facultad de Salud Pública – ESPOCH.
- NTE INEN 2629. 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana.
- Alimentos para regímenes especiales de control del peso. Requisitos. Primera Edición Quito – Ecuador.
- NTE INEN 519. 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana. Harinas de origen vegetal determinación de la Proteína Total 1980-12. Quito – Ecuador
- NTE INEN 520. 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana. Harinas de origen vegetal determinación de la ceniza 1980-12. Quito – Ecuador.
- NTE INEN 0521. 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana.
- Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez Titulable 1980-12 Quito – Ecuador.
- NTE INEN 0522 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana. Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda 1980-12. Quito – Ecuador.
- NTE INEN 0523. 2013. Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica Ecuatoriana. Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa Quito – Ecuador.
- Lanyau, D.P., M. Hernández, M.E. Díaz, y E. Toledo. 2013. Estado nutricional y vitaminas B1 y B2 en ancianos no institucionalizados. Revista Cubana de Salud Pública.

Composición, Sustancias Químicas Autorizadas y no Autorizadas en Productos de Proteína Aislada de Soja

Composition, Chemical Substances Approved and not Approved in Soy Isolated Protein Products

Katerin Andrea Perafán M¹, Brandon Rosero L¹, Maite Rada-Mendoza²

1. Estudiantes de Química. Departamento de Química. Universidad del Cauca.

2. Química. M.Sc. Química. Doctor en Ciencias Químicas. Docente Titular Departamento de Química. Grupo de Investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70. Popayán. Colombia. mrada@unicauca.edu.co

Resumen. Se realizó el análisis proximal, de gluten y la determinación cualitativa de agentes blanqueadores y mejorantes, utilizando métodos estandarizados de la AOAC y de la guía de alimentos de Hoyos y Vélez 2007, en 7 muestras comerciales colombianas (a base de proteína aislada de soja), con el objeto de determinar sus componentes básicos y verificar la presencia o no de sustancias químicas empleadas en su mejoramiento, comparándolos con la normativa del Codex Alimentarius y el Icontec. Los resultados difieren de los valores reglamentarios en cuanto al contenido de grasa, proteína y fibra, pero no contienen compuestos que impliquen un riesgo para la salud del consumidor. A las muestras se les ha adicionado gluten, a excepción de SVM, que cumple con la normativa. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS, encontrándose que existen diferencias significativas entre las muestras, para cada una de las determinaciones realizadas.

Palabras clave: Productos de soja, Valor nutricional, Composición química, Gluten.

Abstract. A proximate analysis, gluten and qualitative determination of bleaching and improving agents were performed using standard methods of AOAC and food guide of Hoyos and Vélez 2007, in 7 Colombian commercial samples (based soy protein isolate), to determine the basic constituents and verify the presence or absence of chemicals substances used in their improvement, comparing them with the rules of the Codex Alimentarius and Icontec. The results obtained differ from the regulatory values, in the content of fat, protein and fiber, but do not contain compounds that pose a risk to consumer health. Gluten was added to the samples, except for SVM, which complies with the regulations. For statistical analysis, SPSS was used, and determined significant differences between samples, for each of the determinations made.

Key words: Soy products, nutritional value, chemical composition, gluten.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales, como es el caso de la proteína aislada de soja, son aquellos que, aparte de su aporte nutritivo común, contribuyen a la disminución del riesgo de contraer ciertas enfermedades (Aranceta y Gil, 2010); para que estos alimentos sean aceptables, además de mantener una buena presentación y un alto valor nutritivo, deben estar libres de sustancias (no autorizadas) nocivas para el organismo, las cuales pueden adquirirse en los procesos de fabricación ó por adulteración (Sanjukta *et al.*, 2013). Los métodos analíticos aplicados para evaluar sus características, permiten entender los factores que determinan sus propiedades, proporcionando las pautas necesarias para desarrollar una producción inocua, conservar su valor nutricional y las propiedades organolépticas que desea el consumidor (Biblioteca Universia, 2011).

Existen en la bibliografía numerosas técnicas analíticas estandarizadas para examinar las propiedades de la proteína aislada a base de soja (Biblioteca Universia, 2011); así, un análisis rutinario practicado usualmente a estos productos, incluye un análisis próximo, un examen de agentes mejorantes, blanqueadores y, gluten (Shurtleff y Akiko, 2013), que es una proteína muy heterogénea, compuesta principalmente por gliadina y glutenina; normalmente las mezclas de gluten de trigo y proteína de soja, se utilizan para elaborar productos de proteínas vegetales texturizadas, como análogos de la carne (Bainy *et al.*, 2010).

El presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar el contenido nutricional y la presencia o no de alteraciones en muestras comerciales a base de proteína aislada de soja, no referenciadas aun en la bibliografía, por medio de pruebas cuantitativas y cualitativas, como indicadoras de su calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y preparación de las muestras. Se realizó un muestreo aleatorio para las 7 muestras comerciales de

proteína aislada de soja (sólidas, en empaque doypack, 200 g), seleccionadas en diferentes supermercados de la ciudad de Popayán, que se mezclaron en el empaque.

Análisis proximal (Hoyos y Vélez, 2007). *Humedad*. Se siguió la metodología descrita en la AOAC, 2003, a excepción de que se pesaron 20,0000 ($\pm 0,0001$) g de muestra que se secaron a 105°C durante 12 horas. *Cenizas*. Aproximadamente 1,5000 ($\pm 0,0001$) g de la muestra desecada, se sometió a una calcinación a 550°C durante 3 horas. *Grasa*. 2,0000 ($\pm 0,0001$) g de las muestras, se adicionaron en el cartucho de celulosa que se acopló a un equipo Soxhlet. El reflujo se mantuvo constante durante 5 horas. *Nitrógeno*. Se pesaron 0,5000 ($\pm 0,0001$) g de muestra, a la que se adicionó como catalizador una mezcla de K_2SO_4 , TiO_2 y $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ y se digestó por 4 horas; para la titulación del borato de amonio se utilizó HCL 0,1099N (AOAC, 2003). El factor para calcular la proteína fue 6,25. *Fibra*. Se pesaron alrededor de 1,0000-2,0000 ($\pm 0,0001$) g de la muestra desengrasada, la cual fue transferida a un balón de 250 mL; se mantuvo en reflujo durante 3 horas con agitación constante (Icontec, 1993).

Agentes mejorantes: Bromatos. Persulfatos. Vitamina C. Se siguió el método de Hoyos y Vélez, 2007.

Agentes blanqueadores: Cloro y Bromo. Cloro. Óxidos de nitrógeno. Se siguió el método de Hoyos y Vélez, 2007.

Gluten. Se mezclaron 20,0000 ($\pm 0,0001$) g de muestra con 5 mL de agua hasta formar una pasta homogénea que se dejó en reposo; se siguió el método de Hoyos y Vélez, 2007.

Estadística. Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa SPSS versión 15.0.1 para Windows (SPSS, 2006). Se realizó análisis de varianza ANOVA de un factor y las diferencias significativas fueron analizadas a través del test de Tukey, considerando $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los valores obtenidos para el análisis proximal.

El Codex Stan 175 (Codex alimentarius, 1995), establece un máximo permitido de agua del 10%, valor dentro del cual se encuentran las muestras analizadas, y por tanto, se han preservado adecuadamente. Las cenizas no exceden el 8%, según la normativa (Codex alimentarius, 1995) y presentan variación significativa, debido a que son enriquecidas con minerales; las muestras con mayor contenido de minerales (SNP y SNS) es debido a su enriquecimiento con K, Ca, P, Zn, Mg, I y Fe. Para la grasa, los resultados establecen variación significativa ($p = 0,000$), siendo mayor el contenido en SNP y SNS y menor en SVA y SVL. El tratamiento estadístico muestra diferencias significativas ($p = 0,000$) para el contenido de proteína y fibra entre las diferentes muestras, que no cumplen con la normativa (Icontec, 1993). Edmund y Mian, 2012, reportan contenidos de proteína de 16-36%, lo cual cumplen las muestras. Las muestras SSLYP y SVA presentaron los valores más altos de fibra, debido a que son productos enriquecidos y están por encima del valor reglamentario que corresponde al

Tabla 1. Humedad, ceniza, grasa, proteína y fibra cruda (%) en productos de soja. Datos promedio ($\pm s$), N=3.

Muestra	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)
SF	3,50a ($\pm 0,10$)	5,01b ($\pm 0,00$)	18,70c ($\pm 0,00$)	21,20c ($\pm 0,10$)	0,07c ($\pm 0,10$)
SVM	3,80a ($\pm 0,10$)	5,18a ($\pm 0,20$)	14,20d ($\pm 0,10$)	19,20e ($\pm 0,00$)	0,00c ($\pm 0,00$)
SVL	3,10b ($\pm 0,00$)	3,95c ($\pm 0,30$)	6,60e ($\pm 0,10$)	20,80d ($\pm 0,10$)	0,00c ($\pm 0,00$)
SVA	3,00b ($\pm 0,20$)	4,46c ($\pm 0,05$)	11,60f ($\pm 0,00$)	14,40f ($\pm 0,20$)	6,26b ($\pm 0,10$)
SSLYP	3,70a ($\pm 0,10$)	5,44a ($\pm 0,01$)	19,70c ($\pm 0,00$)	22,90b ($\pm 0,10$)	11,26 ^a ($\pm 0,10$)
SNP	3,60a ($\pm 0,40$)	6,10d ($\pm 0,10$)	22,90a ($\pm 0,10$)	24,30a ($\pm 0,00$)	0,06c ($\pm 0,00$)
SNS	4,20c ($\pm 0,10$)	6,73e ($\pm 0,20$)	21,50b ($\pm 0,10$)	24,00a ($\pm 0,30$)	0,04c ($\pm 0,10$)

En base seca; letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

0,5% (Codex alimentarius, 1995). Investigaciones preliminares en productos de soja, determinaron fibra cruda entre 9 y 13% (Edmund y Mian, 2012). Determinadas las variables que permiten completar el análisis proximal, se calculó el extracto no nitrogenado (ELN), valor que osciló entre 37,00 y 65,55% para los diferentes productos, presentando las muestrasSVL y SVA, los valores más altos.

Todas las muestras están libres de Bromatos y Persulfatos. La presencia de Bromatos en los alimentos genera efectos mutagénicos, genotóxicos y cancerígenos para la salud y es por ello que el Codex alimentarius, 1995, prohíbe su uso. Los persulfatos se encuentran en las sales de calcio insolubles, lo cual disminuye el valor nutricional de los alimentos. Los resultados de vitamina C no son los esperados, debido a que en la etiqueta de las muestras se indica que hay presencia de este; el Codex alimentarius, 1995, permite un uso libre de esta sustancia, pero se debe especificar su contenido en la etiqueta. Las muestras no han sido sometidas a procesos de blanqueo. La utilización de Cloro, Bromo y óxidos de nitrógeno se debe evitar para prevenir efectos adversos para la salud, aunque el Codex alimentarius, 1995, establece una concentración máxima de cloro en harinas de soja de 2500 mg/kg (Elika, 2009). La ausencia de cloro se corroboró por pH-metría y el pH estuvo en el rango de 6,56-6,61.

Las proteínas de soja tienen un efecto perjudicial sobre la gelificación termoendurecible del gluten, y las causas son aún poco conocidos (Bainy *et al.*, 2010). El mayor contenido de gluten fue para SSLYP (83,40% ($\pm 0,01$)) y se permite una concentración máxima de 8,5% (Icontec, 1993), que sólo la muestra SVM cumple.

CONCLUSIÓN

Las muestras analizadas cumplen con la normativa colombiana y por tanto, no tendrán efectos perjudiciales sobre la salud de los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de Química de la Universidad del Cauca por permitir el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2003. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis of AOAC International. 17 Ed. Maryland. USA.
- Aranceta, J. y A. Gil. 2010. Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil. 1 Ed. Médica Panamericana. Madrid. 3-4p.
- Bainy, E.M., M. Corredig, V. Poysa, L. Woodrow and S.M. Tosh. 2010. Assessment of the effects of soy protein isolates with different protein compositions on gluten thermosetting gelation. *Food Research International*. 43 (6): 1684-1691.
- Biblioteca Universia. 2011. Análisis de Alimentos. Fundamentos y Técnicas. [http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/Manual de Fundamentos y Tecnicas de Analisis de Alimentos_6501.pdf](http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/Manual_de_Fundamentos_y_Tecnicas_de_Analisis_de_Alimentos_6501.pdf). 2 p.; consulta: marzo 2014.
- Codex alimentarius. 1995. General standard for soy protein products, Stan 175-1989. En: www.codexalimentarius.org/input/download/standards/325/CXS_175e.pdf. 1p.; consulta enero 2014.
- Edmund, W. and N.R. Mian. 2012. Soy Protein Products: Processing and use. En: *The journal of nutrition*, http://jn.nutrition.org/content/125/3_Suppl/573S.full.pdf. 25 p.; consulta enero 2014.
- Elika. 2009. Nitritos. En: Fichas sustancias indeseables alimentación animal. http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/documento46/nitritos.pdf. 11 p.; Consulta: marzo 2014.
- Hoyos, O.L. y P.E. Vélez. 2007. Análisis de alimentos: Manual de Prácticas de Laboratorio. 2 Ed. Universidad del Cauca. Popayán (Colombia). 56-60p.
- ICONTEC. 1993. NTC 668. Decreto 2269. Alimentos y materias primas: Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá (Colombia): 5p.
- Sanjukta, K., G. Minakshi and M. Bhattacharyya. 2013. Development of some bioactive food compounds based soy spreads. *Annals of Biological Research*. 4 (7): 204-211.
- Shurtleff, W. and A. Akiko. 2013. History of soy flour, Grits and flakes. 1 Ed. Soyinfo Center. USA. 2053 p.
- SPSS. 2006. IBM COMPANY. Windows. Versión 15.0. Copyright Inc. USA

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Jugos de Naranja Comerciales Colombianos

Qualitative and Quantitative Analysis of Commercial Colombian Orange Juice

Maite Rada-Mendoza¹; Diana Correa²; Hamilton Martínez²; Ximena Prieto²; Brandon Rosero²; Rafael Solano²

1 Química. M.Sc. Química. Doctor en Ciencias Químicas. Docente Titular Departamento de Química. Grupo de Investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70. Popayán. Colombia. mrada@unicauca.edu.co

2 Estudiante de pregrado química. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia.

Resumen El jugo de naranja es uno de los productos más comercializados en todo el mundo. La presente investigación tiene como objeto determinar la calidad de 6 diferentes tipos de jugos de naranja comercializados en Colombia y de una muestra de jugo natural, a las que se les determinó el extracto seco, los sólidos solubles y totales, la vitamina C y los colorantes artificiales como única prueba cualitativa usando la guía de alimentos de Hoyos y Vélez, 2007; los valores obtenidos fueron analizados con el programa SPSS, determinando que las muestras HI, AF y DV cumplen con las normas NTC 5468, 404 y 409.

Palabras clave: Jugos, conservantes, azúcares, calidad.

Abstract. Orange juice is one of the most marketed products worldwide. This research aims to determine the quality of 6 different types of orange juices marketed in Colombia and a sample of natural juice, to which were determined the dry matter, total and soluble solids, vitamin C and artificial colors as only qualitative test using the food guide of Hoyos and Vélez, 2007; the values obtained were analyzed using SPSS, determining that the HI, AF and DV samples satisfy the rules of NTC 5468, 404 and 409.

Key words: Juice, preservatives, sugars, quality.

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas de forma natural o procesada, es vital en la dieta humana, ya que están compuestos en mayor proporción por agua (70 a 95%), y aportan gran variedad y cantidad de vitaminas, minerales, enzimas, carbohidratos y fibra (Fennema, 1993). El jugo de naranja, de mayor consumo en Colombia, es refrescante, nutritivo, saludable y muy económico, con numerosas propiedades funcionales, que obligan a las industrias procesadoras a diversificar sus productos y a cumplir con ciertas

normativas para su posterior comercialización (Fennema, 1993; Cuellar *et al.*, 2000). Espinal *et al.*, 2005, basados en datos de asocítricos, reportaron que en Colombia, el consumo per cápita de jugo de naranja es de 5 litros por persona, y sigue en aumento, debido a que los productores y consumidores han alcanzado un mayor grado de conocimiento e interés por mejorar la calidad de vida y están en la búsqueda de una alimentación cada vez más sana para la familia (Méndez, 2011).

Existen en la bibliografía infinidad de métodos para evaluar la calidad de un jugo, entre los que se encuentran, parámetros fisicoquímicos y organolépticos, que nos permiten determinar los componentes y las propiedades a través de los sentidos (Schwab *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo, consistió en determinar la calidad de los jugos de naranja comerciales colombianos de diferentes marcas y de una muestra de jugo de naranja natural NA, mediante la determinación de algunos parámetros fisicoquímicos y su concordancia con las Normas Técnicas Colombianas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo. Se analizaron 6 muestras de diferentes marcas de jugos de naranja comerciales escogidos al azar, distribuidos en supermercados de la ciudad de Popayán y una muestra tomada como referencia de jugo de naranja natural (NA). La composición de las muestras, en cuanto a vitaminas, minerales, carbohidratos, azúcares y proteínas, al igual que los colorantes adicionados, se reportaron en las etiquetas del fabricante.

Sólidos totales. Se siguió el procedimiento de Hoyos y Vélez, 2007, teniendo en cuenta que el baño maría se llevó a cabo durante 45 minutos (hasta sequedad) y que el proceso de secado en estufa durante 2h a 100°C, se repitió cuatro veces hasta obtener un peso constante.

Sólidos solubles. Para esta prueba se utilizó un refractómetro marca ABBE, donde la lectura se realizó de forma directa en

grados Brix y se hicieron las respectivas correcciones a 20°C (Hoyos y Vélez, 2007; Schvab *et al.*, 2013).

Acidez titulable. Se siguió el procedimiento de Hoyos y Vélez, 2007; para la titulación se utilizó NaOH 0,1 N.

Vitamina C. Se siguió el procedimiento de Hoyos y Vélez, 2007, pesando de 11 ($\pm 0,0001$) a 12 ($\pm 0,0001$) gramos de muestra; la titulación se realizó con solución de yodo (0,01 N).

Colorantes artificiales. Se utilizó lana desengrasada y se siguió el procedimiento de Hoyos y Vélez, 2007.

Estadística. La distribución de los datos se realizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos de sólidos totales

y solubles, acidez, y vitamina C, se analizaron con ANOVA (significancia 0,05), y el test de Duncan mediante el programa SPSS para Windows (SPSS, 2011). Todos los análisis fueron realizados por triplicado y los valores corresponden a las concentraciones promedio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba Kolmogorov-Smirnov, permitió comprobar que los datos siguen una distribución normal ($p \geq 0,05$). Los datos obtenidos de acidez, vitamina C, sólidos totales y solubles, se reportan en la tabla 1.

Tabla 1. Acidez titulable (g/L), vitamina C (mg/100mL) y sólidos totales (%) y Solubles (brix) en jugos de naranja. Datos promedio ($\pm s$), N=5.

Muestra	Acidez titulable (g/L)	Vitamina C (mg/100mL)	Sólidos solubles (°Brix)	Sólidos totales (%)
CP	5,90c ($\pm 0,25$)	41,00a ($\pm 1,58$)	11,97d ($\pm 0,149$)	13,480b ($\pm 0,072$)
KI	2,30d ($\pm 0,10$)	1,50b ($\pm 0,07$)	7,10c ($\pm 0,22$)	7,62c ($\pm 0,38$)
NA	8,30e ($\pm 0,36$)	84,00c ($\pm 1,58$)	1,90e ($\pm 0,19$)	11,42d ($\pm 0,38$)
HI	3,80b ($\pm 0,16$)	1,60b ($\pm 0,16$)	9,37f ($\pm 0,19$)	10,18a ($\pm 0,43$)
CO	6,32f ($\pm 0,22$)	62,00d ($\pm 2,12$)	9,78b ($\pm 0,19$)	11,10d ($\pm 0,34$)
DV	3,73b ($\pm 0,18$)	7,50e ($\pm 0,19$)	8,12a ($\pm 0,15$)	9,13e ($\pm 0,09$)
AF	3,10a ($\pm 0,16$)	49,00f ($\pm 1,58$)	9,90b ($\pm 0,15$)	10,50a ($\pm 0,52$)

Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Los colorantes se añaden a los alimentos y bebidas, para proporcionar o intensificar el color, modificando en general su aspecto

físico, siendo los artificiales, más resistentes a los tratamientos térmicos, pH extremos, luz, etc. Según la prueba, no hay colorantes artificiales en las muestras analizadas, lo cual no se ajusta con lo reportado en las etiquetas, al indicar la adición de colorantes artificiales, tartrazina, amarillo#5, siendo estos últimos presentes en la mayoría de los jugos de naranja, y según la normativa NTC 409 (Icontec, 2005b), son aceptados para la elaboración de alimentos en nuestro país. Las diferencias significativas son debidas posiblemente a los diferentes procesos de elaboración de los jugos.

Las frutas contienen ácidos naturales orgánicos e inorgánicos, como es el ácido cítrico, presente en las naranjas y los limones (Vargas, 1983); de acuerdo a la norma NTC 5468 (Icontec, 2007), la cantidad de ácido cítrico permitido es de 3g/L; por tanto, sólo la muestra AF cumple la norma. Las diferencias encontradas pueden ser debido a que el ácido cítrico es muy utilizado por la industria alimentaria como conservante. Como era de esperar, NA es la que presenta un contenido mayor con respecto a las demás, ya que al estar el jugo sin diluir, los ácidos se encuentran en mayor proporción; CO y CP, son las muestras que presentaron mayor contenido en la acidez titulable.

La vitamina C en muchos alimentos preparados industrialmente, juega más un rol tecnológico que nutricional, por ejemplo, como mecanismo para prevenir el oscurecimiento de los alimentos que resultan de las oxidaciones catalizadas enzimáticamente; para el ácido ascórbico, según la normativa COGUANOR NGO 34008 (Sandoval, 2006), lo mínimo permitido son 35 mg por cada 100 mL de jugo, lo cual es cumplido por CP, CO y AF y, coincide además con lo reportado en sus etiquetas. Las diferencias significativas, se deben a que el ácido ascórbico en cada jugo cumple una función específica, ya sea como nutriente o como antioxidante, y a los diferentes procesos industriales de higienización, que son utilizados en su elaboración.

La cantidad de sólidos solubles es un buen índice del grado de madurez, ya que conforme avanza la maduración, se incrementan de forma constante. Los jugos de naranja comerciales deben tener un valor mínimo de 10°Brix, según la NTC 404 (Icontec, 2005a); adicionalmente, CP, presentó un porcentaje de sacarosa mucho mayor según la etiqueta, lo que se atribuye a la madurez de la fruta; las muestras DV, HI, CO, y AF reportan en la etiqueta un valor muy bajo, por lo tanto, pudo haber adición de sacarosa y sólo la muestra AF cumple con la

norma.

Los sólidos totales, son la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado de la muestra e incluye a los azúcares solubles, sacarosa y glucosa, el ácido ascórbico, y sales de K, Ca y Na, al igual que colorantes. Las muestras se compararon con un blanco (NA) y con lo establecido por la NTC 5468 (Icontec, 2007), la cual reporta un valor mínimo del 10%, valor que no es alcanzado por las muestras KI y DV.

CONCLUSIÓN

El jugo comercial KI, es el de menor calidad, mientras que el AF fue el de mejor calidad, al cumplir con la normativa en cuanto a parámetros de acidez, vitamina C, y sólidos, por lo cual son aptas para el consumo humano.

Es necesario tener en cuenta en la determinación de colorantes, que variaciones en la acidez y en la dilución, pueden alterar los resultados de esta prueba.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de Química de la Universidad del Cauca por permitir el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuellar, S., M. Cuesta, J. Medina, M. Rodríguez, M. Ruiz y A. Villarreal. 2000. Inteligencia de Mercados: Naranja. Perfil del Producto 9: 1-12.
- Espinal, C.F., H.J. Covalada y Y. Peña. 2005. La cadena de cítricos en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005. Doc. De Trabajo 67. Bogotá (Colombia). 68 p.
- Fennema, O.R. 1993. Química de los alimentos. 3 ed. Acribia. Madrid (España). 773 p.
- Hoyos, O.L. y RE Veléz. 2007. Análisis de alimentos. Manual de prácticas de laboratorio. 1 Ed. Universidad del Cauca. Popayán (Colombia). 57-61p.
- Icontec. 2005a. NTC-404: Frutas procesadas. Jugos y pulpas de frutas. Bogotá (Colombia): 4 p.
- Icontec. 2005b. NTC-409: Industrias alimentarias, Colorantes aditivos para alimentos. Bogotá (Colombia): 2 p.
- Icontec. 2007. NTC-5468: Zumos (jugos), néctares, purés (pulpas) y concentrados de frutas. Bogotá (Colombia): 5 p.
- Méndez, Posligua Daniela. 2011. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y exportadora de jugo natural de sandía destinada al mercado colombiano,

ubicada en el barrio de Carcelén al norte del distrito metropolitano de Quito. Tesis de Pregrado. Administracion de empresas Giron Recuperado de <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2095>; consulta: marzo 2014.

Sandoval, V.L. 2006. Cuantificación de ácido ascórbico (vitamina C) en jugos de naranja naturales comercializados en supermercados de la ciudad de Guatemala. Ministerio de Economía. Dirección del Sistema Nacional de Calidad. Comisión Guatemalteca de Normas COGRUANOR NGO 34

008. 1996. Universidad de San Carlos de Guatemala. 30 p.

Schvab, M.C., M.M. Ferreyra, L.M. Gerard y C.V Davies. 2013. Parámetros de calidad de jugos de naranja trerrianas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 14 (1): 85-92.

SPSS. 2011. IBM COMPANY. Statistics 19. Copyright Inc.

Vargas, M. 1983. Diferentes métodos de conservación de pulpas de frutas tropicales. Tecnología 24 (114): 34-38.

Determinación Cuantitativa de Cadmio en Chocolates Colombianos

Quantitative Determination of Cadmium in Colombian Chocolates

Alejandra Echeverry Aranda¹; Henry Reyes Pineda²

1 Ingeniera de Alimentos. Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental. <aecheverry@uqvirtual.edu.co>

2 Ingeniero Químico. PhD en Tecnología de Membranas, Electroquímica y Medio Ambiente. Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas. Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental. <hreyes@uniquindio.edu.co>

Resumen: Se evaluó de forma cualitativa y cuantitativa la presencia de cadmio (metal pesado tóxico) en chocolates tipo Premium (65% cacao) producidos en Colombia. Se tomaron diez muestras de 10 gramos de dos chocolates comerciales, se pesaron y calcinaron. Posteriormente, se realizó una digestión ácida con ácido nítrico concentrado (HNO₃ 65%), se filtró y finalmente se realizó el análisis por medio de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (AAS). Hasta el momento se han obtenido valores preliminares, para la marca 1 entre 94,7234 y 510,4310 ppb de Cd y para la marca 2 entre 36,5098 y 356,9910 ppb de Cd. Por otro lado, se determinó el límite de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) del método, obteniéndose valores de 9,9080 ppb y 33,0267 ppb respectivamente.

Palabras Claves: Metales pesados, espectrofotometría de absorción atómica, límite de detección, límite de cuantificación

Abstract: A qualitatively and quantitatively evaluation of the presence of cadmium (toxic heavy metal) in premium chocolates (65% cocoa) produced in Colombia was conducted. Ten samples of 10 grams of two commercial chocolates were taken. Those were weighed and calcined. Subsequently an acid digestion with concentrated nitric acid (HNO₃ 65%) was performed. It was filtered and then

was analyzed using atomic absorption spectrophotometry technique (AAS). So far, preliminary values for brand 1 between 94,7234 and 510,4310 ppb Cd have been obtained, and for brand 2 between 36,5098 and 356,9910 ppb Cd. On the other hand, it was determined the detection (LOD) and quantification limit (LOQ) of the method, getting values of 9,9080 ppb and 33, 0267 ppb respectively.

Key words: heavy metal, atomic absorption spectrophotometry, detection limit, quantification limit.

INTRODUCCIÓN

El Chocolate (Codex Alimentarius, 2003), es el producto elaborados a partir de los granos de cacao (fruto del árbol *Theobroma cacao* L). Este, además de ser un alimento exquisito al paladar, se ha distinguido por sus múltiples beneficios para la salud (Fernández *et al.*, 2011; Steinberg *et al.*, 2003), lo que ha generado un aumento en la ingesta de productos con mayor contenido de cacao, conocidos como chocolate negro o premium (Executive Committee, 2012).

No obstante, los beneficios del chocolate pueden verse afectados por la posible presencia de trazas de metales pesados (Yanus *et al.*, 2014). El cadmio, considerado

como contaminante alimentario (Codex Alimentarius, 1995) es un metal pesado tóxico que tiene una serie de efectos adversos en la salud del ser humano, como enfermedades renales, pulmonares, digestivas, cancerígenas, entre otras (Nordberg, 2009; Järup *et al.*, 2009; Waalkes, 2003). Este contaminante se encuentra en el medio ambiente a través de procesos naturales o por actividades antropogénicas. Se acumula progresivamente, se transporta por el aire y el agua, llegando a los cultivos agrícolas y por ende a la cadena alimenticia (Rodríguez *et al.*, 2008; Ramírez, 2002).

Por otro lado, ni en Colombia, la Unión Europea y Estados Unidos está regulada normativamente la presencia del metal pesado en el cacao y sus productos. Dando importancia a que se generen estudios relacionados en este tema y así poder determinar en un futuro los límites máximos permitidos para el cadmio presente en el chocolate, teniendo en cuenta que la ingesta total semanal tolerable del metal establecida por el JECFA (comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios) es de 7 µg/Kg (ppb) de peso corporal (Unión Europea, 2006).

El objetivo del estudio fue determinar la presencia de cadmio en dos muestras de chocolate nacional tipo Premium (65% cacao), por medio de la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra. Como criterio de selección de las muestras se estableció que fueran chocolates de consumo directo, con alto porcentaje de cacao y producidos en Colombia, por lo cual se tomaron dos importantes marcas comerciales a nivel nacional de chocolate con 65% de cacao. Cada uno se ralló y mezcló con el fin de homogenizar la muestra. Se calcinaron 10 gr, con el objeto de quemar toda la materia orgánica. Posteriormente, se realizó una digestión ácida con 10 mL de ácido nítrico concentrado (HNO₃ 65%) formando una sal soluble en agua. Finalmente las muestras fueron filtradas, aforadas en balón volumétrico de 25 mL y analizadas en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Instrumentación. El análisis de las muestras se realizó en el equipo de AAS marca Thermo Electron Corporation, serie S, del laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad del Quindío. Las condiciones del método fueron: Longitud de onda: 228,8 nm, ancho de banda: 0,5 nm, flujo de gas: 1L/min, altura de la celda: 4,5 mm. Se tomó un estándar de Cadmio de 1000 ppm y una solución HNO₃ de 1% con el fin de elaborar una curva de calibración, con esta se

determinaron los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) (Miller, 2002).

Para calcular la concentración de cadmio se usó la curva de calibración y la ley de Beer-Lamber ($A = \epsilon lc$)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

LOD y LOQ. La curva de calibración (Figura 1) mostró un coeficiente de correlación $r = 0,9993$. A partir de esta y con un procedimiento estadístico (Miller, 2002) se determinaron las concentraciones límite para el LOD y LOQ, dando como resultados 9,9080 ppb y 33,0267 ppb respectivamente. Es decir, la concentración de cadmio presente en las muestras debe ser superior a los valores anteriores, y así garantizar que la cantidad del metal es confiable para realizar análisis cualitativos y cuantitativos.

Análisis de Cadmio. Obtenidos los resultados de las 10 muestras de chocolates, como se puede observar en la tabla 1 todas superaron los límites de detección y cuantificación, lo que da la certeza que las muestras analizadas si presentan trazas del metal.

Tabla 1: Concentración de Cadmio en dos marcas de chocolate con 65% de cacao.

# muestras	Marca 1 (ppb)	Marca 2 (ppb)
1	94,7234	92,8145
2	318,6678	230,3221
3	122,4676	36,5098
4	423,6708	304,0124
5	419,9806	328,1007
6	362,9454	206,5421
7	510,4310	356,9910
8	510,0826	122,8843
9	73,6002	57,2967
10	115,8120	206,8853

CONCLUSIÓN

Las dos marcas comerciales de chocolate presentan trazas de cadmio y los resultados fueron confiables para realizar análisis cualitativos y cuantitativos, ya que superan los límites de detección y cuantificación.

Con estos resultados preliminares se estandarizaron los procedimientos de preparación de muestras y su respectivo análisis en el equipo de AAS, permitiendo en pasos subsiguiente realizar un diseño experimental con una

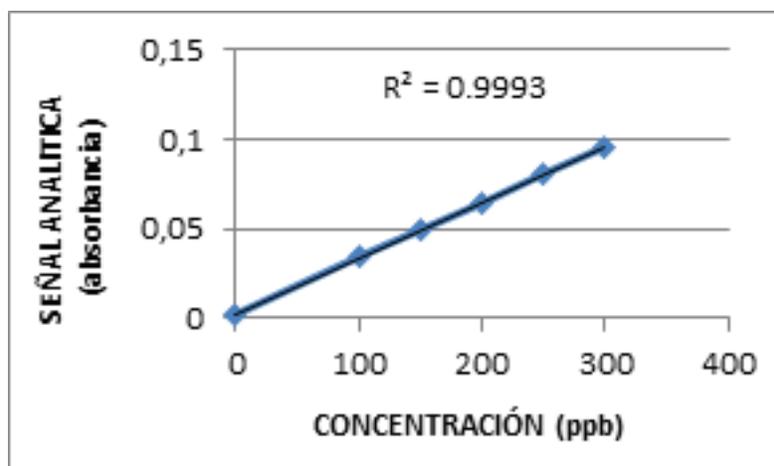


Figura 1: Curva de calibración de Cadmio

cantidad representativa de chocolates, para determinar una diferencia significativa entre las dos marcas.

En posteriores estudios se pretenderá analizar además granos de cacao y suelo de cultivo, con el objeto de determinar si existe una correlación en cuanto al contenido de cadmio en los tres tipos de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- Codex Alimentarius, 2003. Codex Standard for Chocolate and Chocolate Products. (CODEX STAN 87-1981, Rev. 1 - 2003)
- Codex Alimentarius, 1995. Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995)
- Executive Committee, 2012. The World Cocoa Economy: Past and Present. En ICCO International Cocoa Organization, http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/45-statistics-other-statistics.html. 43p.; consulta: febrero 2014.
- Fernández-Murga, L., J.J. Tarín., M. García-Perez and A. Cano. 2011. The impact of chocolate on cardiovascular health. *Maturitas*, 69(4): 312–321.
- Järup, L., and A. Akesson. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and applied pharmacology*, 238(3), 201–208.
- Miller, N.J., and J.C. Miller. 2002. *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*, Cuarta edición. Madrid. Pearson Educación S.A., 278 p.
- Nordberg, G.F., 2009. Historical perspectives on cadmium toxicology. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3), 192–200.
- Ramírez, A., 2002. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anuales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 63(1), 51-64.
- Rodríguez, M., N. Martínez., M.C. Romero., L.A. del Río y L. Sandalio., 2008. Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Ecosistemas*, 17(3), 139–146.
- Steinberg, F.M., M.M. Bearden and C.L. Keen. 2003. Cocoa and chocolate flavonoids: implications for cardiovascular health. *The American Dietetic Association*, 103(2), 215-223.
- Union Europea, 2006. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión. Por el cual se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Waalkes, M., 2003. Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 533(1-2), 107–120.
- Yanus, R. L., H. Sela., E.J.C. Borjovich., Y. Zakon., M. Saphier., A. Nikolski., E. Gutflais., A. Lorber and Karpas, Z., 2014. Trace elements in cocoa solids and chocolate: An ICPMS study. *Talanta*, 119, 1–4.

Potencialidad de uso de Almidones Nativos de Fuentes no Convencionales en la Industria de Alimentos

Potential Use of Starches from Unconventional Sources in the Food Industry

Romel E. Guzmán¹; Elevina E. Pérez¹

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Calle Suapure. Colinas de Bello Monte. Frente a Ramal 2. Baruta. Dtto Capital. 1041-A. romelguzman@gmail.com, romele.guzman@ciens.ucv.ve, perezee@hotmail.com, eperez@ciens.ucv.ve

Resumen. El almidón es la principal fuente de reserva de los tejidos vegetales (Ramesh *et al.*, 1999) y se encuentra en semillas, raíces y tubérculos, así como en tallos, hojas, frutos (Gallant *et al.*, 1992, Coultate, 1996) y puede tener numerosas y dimensiones. La utilización del almidón es amplia, pudiendo estar presente desde la industria de alimentos hasta la petroquímica. Tomando en cuenta esto, se propuso caracterizar almidones nativos, aislados de la parte comestible de bananos verdes (plátano hartón "Musa AAB" y topocho "Musa ABB"), empleando para ello metodologías oficiales ACCC (2003) que permitieron obtener la caracterización física, química, funcional y el comportamiento térmico de estos a través del método de calorimetría diferencial de barrido (Mestres *et al.*, 1996). Los resultados mostraron que los almidones estudiados poseían una alta pureza, valores de a_w , pH, acidez y contenido de amilosa (27,08%) similares, este último indicativo de una baja tendencia a la retrogradación. La importancia de la caracterización de estos almidones radica en conocer sus bondades y proponer su uso en la industria de alimentos, la cual suele emplear principalmente almidón de maíz (el cual puede presentar problemas de disponibilidad dado su uso en la producción de bioetanol) y/o almidón de trigo (el cual desde hace algunos años está presentando restricción de uso dado la posibilidad de encontrar trazas de gluten, proteína causante de intolerancia y asociada al celiaquismo).

Palabras claves: Bananos, hartón común, topocho, amilosa, amilopectina.

Abstract. Starch is the main source of reserve plant tissues (Ramesh *et al.*, 1999) and is found in seeds, roots and tubers, as well as stems, leaves, fruits (Gallant *et al.*, 1992 Coultate, 1996) and may have numerous dimensions. The use of starch is wide, and can be present from the food industry to petrochemicals. Taking this into account, we characterize native starches, isolated from the edible part of green bananas (hartón "Musa AAB" and topocho "Musa ABB"), employing formal methods ACCC (2003), we have obtained the physical characterization, chemical, functional and thermal behavior of these by the method of differential scanning calorimetry (Mestres *et al.*, 1996). The results showed that starches studied have a high purity, a_w values, pH, acidity and amylose content (27.08%) similar, the latter indicative of a low tendency to retrogradation. The importance of the characterization of these starches is to know its benefits and propose its use in

the food industry, which usually mainly used cornstarch (which can present problems of availability as their use in the production of bioethanol) and / or wheat starch (which in recent years are making use restriction given the possibility of finding traces of gluten, causing protein intolerance and associated celiaquismo).

Key words: Bananas, common hartón, topocho, amylose, amylopectin.

INTRODUCCIÓN

Las plantas de musáceas crecen extensivamente en regiones tropicales y subtropicales y son un importante cultivo alimenticio. El término banano es usado para identificar a las especies o híbridos de las plantas que pertenecen al género *Musa* de la familia *Musaceae*. Desde el punto de vista de composición química, los bananos en su madurez fisiológica (verdes) son potenciales fuentes de carbohidratos; principalmente almidón, que pueden ser explotados comercialmente, considerando que dicho componente experimenta cambios importantes durante la maduración, por lo que se ha aislado a escala de laboratorio y piloto para estudiar sus propiedades químicas y funcionales (Chiang *et al.*, 1987; Pérez-Sira, 1996). La transformación de esta materia prima da valor agregado y contribuye a disminuir las pérdidas post-cosecha además de contribuir a tener un material amiláceo que puede llegar a sustituir insumos convencionales que generalmente son importados. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso potencial de dos variedades de bananos *Musa* AAB (plátano) y *Musa* ABB (topocho) provenientes del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA)-sección Aragua, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se cosecharon en estado de maduración 1 (Menezes, 2006) 10 Kg de las variedades de bananos plátano y topocho. Seguidamente se aisló el almidón de la parte comestible de los bananos de acuerdo a Pérez, (1997) con modificaciones. El almidón se analizó de acuerdo a metodologías de la AACC (2003) para análisis proximal, amilosa: Mestres *et al.*, (1996); actividad de agua: Richard y Labuza, (1990). Los resultados por triplicado se analizaron utilizando la prueba de comparación de medias Tukey, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 17, para Windows 2007.

Tabla 1. Rendimiento de extracción de almidones nativos de plátano (*Musa AAB*) y topocho (*Musa ABB*).

	Plátano (<i>Musa AAB</i>)	Topocho (<i>Musa ABB</i>)
Rendimiento (g/100g)	15	17

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Rendimiento de extracción. Los resultados obtenidos para el rendimiento de la extracción de almidón se muestran en la Tabla 1.

El rendimiento obtenido se considera que está dentro de los rangos reportados por otros investigadores (Flores-Gorosquera, 2004). Por lo cual los rendimientos de almidón a este nivel de operación pueden considerarse adecuados, demostrándose que el proceso puede ser factible a escala de piloto con un escalamiento posteriormente industrial. El aislamiento de almidón de esta fuente no convencional representa una ventaja, puesto que dadas las pérdidas postcosechas que pueden generarse en este rubro, una opción válida de agregar sería a través de su conversión en almidones, y aplicando algunas otras técnicas (químicas, físicas, enzimáticas), permitiendo entonces así la diversificación de su uso en cualquier ramo de industrias, como por ejemplo: farmacéutica, cosmética, textil, petrolera, papel.

Caracterización del almidón. En líneas generales los almidones aislados de la parte comestible de plátano y topocho presentaron una caracterización fisicoquímica similar (Tabla 2).

Tabla 2. Composición química, física y fisicoquímica de almidones nativos de plátano (*Musa AAB*) y topocho (*Musa ABB*).

	Plátano (<i>Musa AAB</i>)	Topocho (<i>Musa ABB</i>)
Humedad	10,67 ± 0,23a	10,84 ± 0,16a
Proteína c	1,54 ± 0,03a	1,57 ± 0,07a
Grasa c	0,34 ± 0,00a	0,26 ± 0,03b
Cenizas	0,93 ± 0,00a	0,66 ± 0,02b
Almidón t	96,36 ± 0,65a	97,51 ± 0,39b
Pureza	97,19 ± 0,01a	97,51 ± 0,01 ^a
Acidez titula.	0,098 ± 0,00a	0,098 ± 0,00a
pH	5,70 ± 0,058a	5,70 ± 0,058 ^a
aw	0,36 ± 0,00b	0,39 ± 0,00a
Amilosa	2,08 ± 0,35 a	26,09 ± 0,16 b
Amilopectina	72,91 ± 0,35 b	73,90 ± 0,16 a

Los datos sobre la misma línea con letras diferentes son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Sin embargo, se observa un elevado contenido de proteína para los especímenes estudiados, en comparación con algunos reportes de la literatura (Nimsung *et al.*, 2007), lo que puede atribuirse a deficiencias en el proceso de purificación del almidón, específicamente durante el lavado, el mismo que podría ser corregido, mediante la optimización de este proceso. El contenido de amilosa (Tabla 2) encontrado en este estudio permite indicar que los almidones presentan una baja tendencia a retrogradar, por lo que las preparaciones hechas con estos almidones como base serán capaces de generar una buena consistencia, pudiendo así recomendar su para la producción de alimentos que requieren mantener características similares a las de las variedades estudiado, por ejemplo: salsas o aderezos. Los resultados obtenidos coinciden con algunos estudios reportados (García y Lajolo, 1988) para clones de diferentes bananos.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemist (AACC). 2003. Laboratory Method. Ed. St. Paul. Minn.USA.
- Chiang, B., W. Chung and L. Chu. 1987. A Pilot scale study for banana starch production. *Starch/Stärke* 1: 5-8.
- Coultate, T. 1996. Manual de Química y Bioquímica de Alimentos, Editorial Acirbia, S.A., Zaragoza, España.
- Gallant, O., B. Bouchet, A. Buleon, and S. Pérez. 1992. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: S3-S16.
- García, E and F. Lajolo. 1988. Starch transformation during banana ripening: The amylase and glucosidase behavior. *Journal of Food Science*, 53: 1181-1186.
- Menezes, D. 2006. Evacuação das propriedades físicas, reológicas e químicas durante o amadurecimento da banana "prata-ana". Tesis Doctoral, Ingeniería agrícola, Universidad Federal de Viscosa, Brasil, pp 26-54.
- Mestres, C., F. Matencio, B. Pons, M. Yajid and G. Fliedel. 1996. A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. *Starch/Stärke*, 48: 2-6.
- Nimsung, P., M. Thonggam and O. Naivikul. 2007. Compositions, morphological and thermal properties of green banana flour and starch. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 41: 324 - 330.
- Pérez Sira, Elevina Eduvigés. 1996. Algunas experiencias sobre modificación química de almidón, realizadas en Venezuela. p45-52. En: Conferencia Internacional del Almidón. Quito, Ecuador.
- Pérez, E. 1997. Characterization of starch isolate from plantain (*Musa paradisiaca normalis*). *Starch/ Stärke*, 49: 45-49.
- Ramesh, M., J. Mitchell, K. Jumel and S. Harding. 1999. Amylose Content of Rice Starch, *Starch/Stärke*, 51: 311-313
- Richard, Jand T. Labuza. 1990. Rapid determination of the water activity of some reference solutions, culture media and cheese using a new dew point apparatus. *Sciences des Aliments*, 10: 57-62.
- Schoch, T. 1964. Fatty substances in starch. In methods in carbohydrate chemistry. (Wistler. R. L. Ed.). New York: Academy Press. 5:56-61.

Establecimiento de Factores de Sostenibilidad y Seguridad Agroalimentaria del Sector Rural del Departamento del Quindío

Establishment of Sustainability Factors and Agroalimentary Security of Rural Sector of Quindío Department

Cifuentes-Wchima, Ximena¹; Mejía-Giraldo, Luis Miguel²

1 Ingeniera Agroindustrial, M. Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Facultad de Ingenierías, Universidad La Gran Colombia Sede Armenia. defingenieria@ugca.edu.co.

2 Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Facultad de Ingenierías, Universidad La Gran Colombia Sede Armenia. mejiajirluis@miugca.edu.co.

Resumen. La agricultura de hoy está caracterizada por la apertura y la globalización de los mercados en un proceso irreversible. La presente investigación se estableció sobre diversos factores, que influyen en la Seguridad Alimentaria del Sector Rural en el Departamento del Quindío, como son producir suficientes alimentos en cantidad y calidad; además, se relacionaron otros factores de seguridad alimentaria en general.

Palabras Claves: Producción Agrícola, Sostenibilidad, Análisis Multivariado, Clusters.

Abstract. Agriculture today is characterized by openness and globalization of markets in an irreversible process. The present investigation was established on various Factors Influencing Food Security Rural Affairs in the Department of Quindío like produce enough food in quantity and quality, besides other factors of overall food security related.

Key Words: Agrarian Production, Sustainability, Multivariate Analyses, Clusters.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria se ha convertido en un aspecto fundamental para el desarrollo de las naciones. El presente estudio se basa en el diagnóstico de los factores determinantes para alcanzar la seguridad alimentaria rural, con el objeto de establecer perfiles de riesgo en los diversos actores del sector agropecuario, que en definitiva, permitan la definición de estrategias tendientes al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores rurales del Departamento del Quindío.

Se aprecia que para dar forma a iniciativas que tengan efectos significativos y duraderos en la calidad de vida de la población, es esencial la comprensión de los factores que permiten el éxito de algunos programas o planes de seguridad alimentaria (FAO, 2003), lo cual es corroborado por SICIIV (2004); sin embargo, ello implica una serie de sinergias con objetivos específicos de desarrollo y la participación de diferentes actores incluyendo mujeres y niños (Maxwell y Frankenberger, 1992). Por otro lado, se distinguen varias dimensiones de inseguridad alimentaria, siendo la capacidad de proveerse el alimento un componente fundamental resaltando la importancia de promover el desarrollo sostenible en concierto con

la seguridad alimentaria (SICIIV, 2004; JICA, 1991; von Braun *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado bajo encuesta estructurada basada en variables inherentes a los agricultores, el análisis gira en torno a 102 individuos tomados bajo un muestreo aleatorio estratificado con una confiabilidad del 95% y error máximo permisible del 7% en los Municipios Cordilleranos de Salento, Calarcá, Córdoba, Pijao, Buenavista y Génova en Quindío, Colombia. La metodología de análisis utilizada fue del tipo Multivariado de Correspondencias Múltiples, complementado con análisis de clusters.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

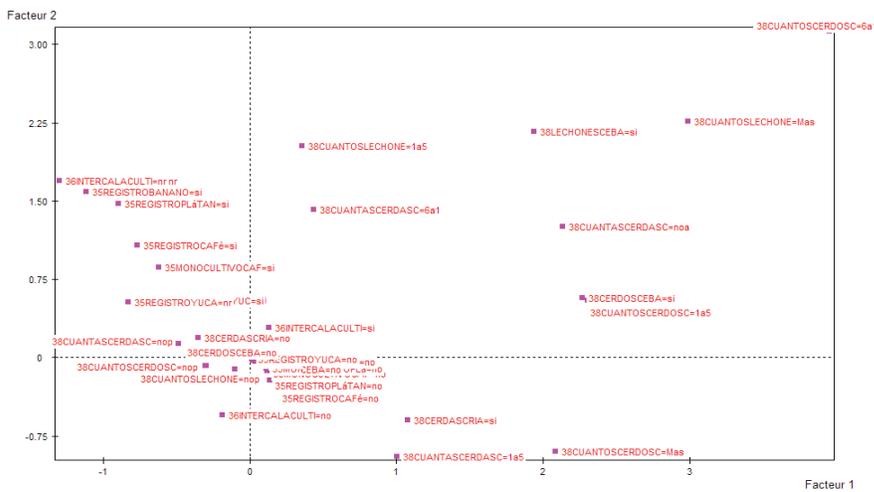
Condiciones de Vida del Agricultor. Cuando se analiza el entorno del agricultor, se aprecia que son aspectos significativos el hecho de ser administrador, poseedor, mayor de 50 años, estar viviendo 1 a 5 años en la finca, el estado de la vivienda aceptable para su habitabilidad, donde no se da la separación del lavamanos de otras fuentes de agua para lavado de ropa y preparación de alimentos, que son los de mayor significancia y riesgo de contaminación, lo cual se refleja en el respectivo plano factorial:

Al realizar el análisis de Clusters, se aprecia que el 81,37% de los agricultores se caracterizan por poseer las condiciones mínimas de habitabilidad.

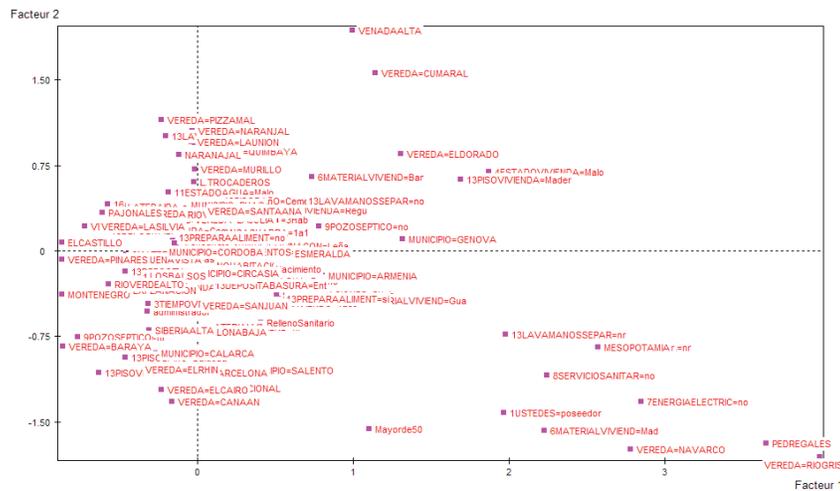
2.2 Producción Agropecuaria de las Fincas en función de la Seguridad Alimentaria

Se aprecia que la producción agropecuaria es factor significativo pero prevalece el manejo de son monocultivos o asociación café-plátano y poseer cerdos para doble propósito, denotándose el siguiente plano factorial:

Al realizar el análisis de clusters, el 74,51% de los agricultores se caracterizan por poseer condiciones de producción mínimas de alimentación desde su propio predio, lo cual los pone en posición de vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

La Mayoría de Agricultores poseen las condiciones básicas de vivienda.

El esparcimiento de basuras es el mayor contaminante en el entorno del agricultor.

Es posible la promoción de modelos de intervención agropecuaria donde los agricultores en conjunto pueden desarrollar proyectos productivos que redunden en un mejoramiento de su economía y en última instancia de su calidad de vida.

Los agricultores no manejan registros de lo que producen, ni manejan criterios mínimos contables para evaluar la viabilidad financiera de establecer cultivos específicos, afectando su productividad.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. 2003. Comercio y Seguridad Alimentaria: La Agricultura y el Comercio Agrícola en los Países en Desarrollo.
- FAO. 2010. The State of Food Insecurity in the World Addressing food insecurity in protracted crises.
- JICA. 1991. Estudio de factibilidad sobre el proyecto de desarrollo agrícola integrado de la cuenca del Quindío.
- Maxwell, Simon; Frankenberger, Timothy. 1992. Household Food Security: Concepts, Indicators, Measurements, A technical Review. UNICEF.
- Von Braun, Joachim; Swaminathan, M.S; Rosegrant, Mark. 2004. Agricultura, Seguridad Alimentaria, Nutrición y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

Análisis Físico-Químico de Leches UHT Deslactosadas Consumidas en la Ciudad de Popayán

Physical-Chemical Analysis of UHT Lactose-Free Milk Consumed in Popayan City

Angie Carolay Forero¹; Juan David Figueroa¹; Juan José Tobar¹; Maite Rada-Mendoza²

1. Estudiante de Pregrado Química. Universidad del Cauca. Catálisis. Popayán. Colombia.

2. Química. M.Sc. Química. Doctora en Ciencias Química. Docente titular. Departamento de Química.

Grupo de investigación BICAMSA. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. Correspondencia: mrada@unicauca.edu.co

Resumen. Uno de los problemas más observados en la industria láctea es la adulteración de sus productos, lo cual ocasiona una variación en algunas de sus propiedades físico-químicas. En este artículo se hace un análisis a la densidad, al extracto seco, grasa y extracto seco no graso, a la acidez, al contenido de bacterias (prueba de la reductasa), de fosfatasa, de adulterantes y conservantes (alcohol, formaldehído, azúcares, almidón y harinas), en seis (6) muestras de leche comerciales deslactosadas y semidescremadas UHT y a una muestra de leche cruda. Los valores obtenidos se compararon con lo establecido por la legislación Colombiana en su decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social. Las leches presentaron óptimas condiciones de calidad y ninguna de ellas contenía adulterantes o conservantes dentro de su composición, lo cual asegura que su consumo no ocasionará problemas en la salud humana.

Palabras clave: Lácteos, Ácido láctico, Higienización, Calidad, Leches bajas en lactosa.

Abstract. One of the problems encountered by the dairy industry is the contamination of their products, which causes a change in some of their physicochemical properties. In this paper an analysis of the density, dry matter, fat and non-fat dry matter, acidity, content of bacteria (test reductase), of phosphatase, adulterants and preservatives (alcohol, formaldehyde, sugar, starch and flours), in six (6) samples of commercial UHT lactose-free milk and low fat and one sample of raw milk. The values obtained were compared with that established by the Colombian law decree 616 of 2006 of the Ministry of Social Protection. Milks showed optimum quality and none of them contained adulterants or preservatives in its composition, which ensures that its consumption does not cause problems in human health.

Key words: Dairy, Lactic acid, Sanitation, Quality, Low lactose milk.

INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento complejo, que ofrece excelentes propiedades nutrimentales para el buen desarrollo y funcionamiento del organismo de los seres humanos; sus

principales componentes son agua, grasa, proteína, lactosa y sales minerales, además de pequeñas trazas de vitaminas, enzimas y fosfolípidos. Sin embargo, estos componentes químicos pueden ser afectados por el manejo inadecuado durante los procesos de ordeño, higienización (U.H.T., en el cual se somete a un tratamiento térmico intenso, que destruye los microorganismos contenidos en el producto (Gil, 2010)), almacenamiento, etc, como por los procesos a los que es sometida para la elaboración de productos derivados (Hernández and Sastre, 1999).

La leche puede ser adulterada, lo cual puede cambiar sus propiedades físicoquímicas como son: densidad, punto de congelación, acidez, contenido de grasa, etc. Dentro de dichas adulteraciones, las más conocidas y utilizadas son la adición de agua (con el fin de aumentar el volumen del producto) y de almidón (para controlar la densidad).

En este artículo, se plantea como objetivo realizar un análisis físico-químico a muestras de leche comerciales U.H.T., deslactosadas y semidescremadas (DSD) y verificar si cumplen con las normas establecidas por el gobierno Colombiano en el decreto 616 (Ministerio de Protección Social, 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y tratamiento. Se analizaron 6 muestras de leches colombianas comerciales UHT deslactosadas y semidescremadas, escogidas en varios supermercados aleatoriamente de la ciudad de Popayán y una muestra de leche cruda (LCRD); previamente fueron homogeneizadas y conservadas a 20°C para todos los análisis.

Pruebas físicoquímicas. Se realizaron los análisis de: Densidad (D), Extracto seco o sólidos totales (ES), Materia grasa (G) (Método de Gerber), Extracto seco no graso (ESD), Acidez (Hoyos y Vélez, 2007), Prueba de azul de metileno (Reductasa) (Kirk and Egan, 1996); Prueba de fosfatasa (AOAC 968.13, 2003]; Prueba de alcohol (Sena, 2011); Identificación de conservantes y antisépticos: Formaldehído (Kirk and Egan, 1996), almidón, harinas y azúcar (Hoyos y Vélez, 2007).

Estadística. Se realizó ANOVA entre las muestras mediante la prueba DMS, con una significancia de 0,05, utilizando el Software SPSS versión 19 (SPSS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para densidad, ES, G, ESD y acidez, se reportan en la Tabla 1; se compararon las muestras comerciales y un blanco (LCRD) con lo estipulado por el Ministerio de Protección Social, 2006.

Las diferencias significativas, son debidas a los diferentes procesos manejados en la producción de la leche en las industrias, al tipo o raza de vaca de donde proceden las leches, o a la forma del tratamiento recibido en las muestras previo a su comercialización. Las desviaciones estándar fueron pequeñas. Para la densidad, las muestras se encuentran dentro de los rangos reportados por Vanegas y Martínez (2011), por lo que fueron sometidas a un descremado previo a su envasado y posterior distribución en el mercado. El ES mide las vitaminas, minerales, grasa, azúcar y proteínas, presentes en la leche de forma natural (Gil, 2010). Todas las muestras analizadas cumplen la norma colombiana (Ministerio de Protección Social, 2006). Adicionalmente, la muestra LCUDS, es enriquecida en vitaminas A y D₃, lo cual incrementa su valor. En cuanto a la grasa, la leches cumplen con la normativa (Ministerio de Protección Social, 2006); dado a que las muestras han sufrido un semidescremado, el porcentaje de grasa ha disminuido a los valores permitidos, asegurando un óptimo proceso en la industria; no se encuentran adulteraciones por descremado. Para la determinación del ESD, se utilizó la norma ICONTEC 4979 (Icontec, 2004); las muestras no presentaron ningún tipo de adulteración como aguado, adición de almidón u otro tipo de leche y a su vez, cumplen con lo que reportan las empresas encargadas de la producción de dichos alimentos. La acidez

está presente de forma natural en la leche, en forma de fosfatos ácidos, caseína, citratos y CO₂ (Almanza and Barrera, 1995). Según lo establece la norma colombiana (Ministerio de Protección Social, 2006), sólo la leche LAQUDS, cumple con la misma. Los valores altos de acidez de las demás muestras, pueden ser debido a la presencia de fosfatos ácidos y demás sustancias que dan acidez natural a la leche (Almanza and Barrera, 1995), como se reporta en las etiquetas de las muestras analizadas. Bernier *et al.*, (2012) han reportado la presencia del microorganismo *Bacillus sporothermodurans* facultativo, capaz de sobrevivir a procesos térmicos como el UHT, transformando por fermentación, los azúcares de la leche en ácidos, lo cual corroboraría la alta acidez que presentaron las muestras, sin representar un riesgo para la salud. La prueba de alcohol fue positiva para la muestra LCRD, lo que indica que la leche no es térmicamente estable (Universidad de Murcia, 2010), debido posiblemente a la acidez, a un exceso de Ca²⁺, o a la presencia de calostros y mastitis. La eficiencia de este método es del 90%, lo cual causa pérdidas millonarias a los ganaderos por resultados falso positivos (Gómez de Illera, M., 2005). El decreto 616 de 2006 (Ministerio de Protección Social, 2006), no permite la adulteración de las leches enteras, crudas, descremadas y deslactosadas. Así, la prueba para formaldehído implicó que la calidad de su conservación es debida únicamente, al proceso al que fue sometida por los parámetros higiénicos, sanitarios y composicionales. La prueba de almidón permitió verificar que el valor de la densidad es independiente de una adulteración por aguado, seguida de una de almidón. La prueba de azúcares garantiza que el valor de ES reportado anteriormente, es debido únicamente a los componentes de la leche y no a su adición para aumentar el valor de la lactosa, glucosa o galactosa y mejorar sus propiedades organolépticas como el sabor, en caso de agriado. La decoloración del azul de metileno y la coloración

Tabla 1. Densidad (g/mL), ES (%),Grasa (%),ESD (%), Acidez (%) en leches comerciales UHT DSD. Datos promedio (\pm s), N=3.

Muestra	Densidad 15°C (g/mL)	ES (%)	G (%)	ESD (%)	Acidez (%)
LCRD	1,032a (\pm 0,001)	12,01a (\pm 0,00)	2,9a (\pm 0,1)	9,25a (\pm 0,13)	0,17a (\pm 0,01)
LAQUDS	1,034b (\pm 0,000)	10,92b (\pm 0,00)	1,6b (\pm 0,0)	8,92b (\pm 0,04)	0,15b (\pm 0,01)
LEUDS	1,032a (\pm 0,001)	10,91c (\pm 0,00)	2,0c (\pm 0,1)	8,50c (\pm 0,20)	0,27c (\pm 0,01)
LPUDS	1,032a (\pm 0,001)	10,47d (\pm 0,00)	1,6b (\pm 0,1)	8,17d (\pm 0,08)	0,22d (\pm 0,01)
LAPUDS	1,033a (\pm 0,000)	10,67c (\pm 0,00)	1,6b (\pm 0,1)	8,65c (\pm 0,05)	0,22c (\pm 0,01)
LCUDS	1,034b (\pm 0,001)	11,29e (\pm 0,00)	1,9d (\pm 0,0)	9,24a (\pm 0,01)	0,21e (\pm 0,00)
LOUDS	1,030c (\pm 0,001)	10,04f (\pm 0,00)	1,7b (\pm 0,1)	8,20d (\pm 0,02)	0,23f (\pm 0,01)

Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

de la fosfatasa, sólo se presentó en la leche cruda como era de esperar; las demás leches permanecieron inalteradas a un tiempo mayor a 5 ½ horas, lo cual corrobora la inocuidad que presentan las leches (Kirk and Egan, 1996).

CONCLUSIÓN

El proceso de higienización fue realizado completa y correctamente. Las muestras no presentan adulteraciones y por tanto, son puestas al mercado cumpliendo la normativa y garantizando su utilidad para consumo humano.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Química de la Universidad del Cauca por facilitar los reactivos e infraestructura y al curso de laboratorio de alimentos por la realización de las pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

- Almanza, F. y E. Barrera., 1995. Tecnología de leches y derivados. Unidad Universitaria del Sur de Bogotá. Bogotá, D.C.
- Bernier, I., E. Cárdena y O.A. Piñeros. 2012. Bacillus Sporothermodurans anaeróbicos facultativos aislados de leches UHT elaboradas en Colombia. Alimentos Hoy 21(27): 126-138.
- Gil A. 2010. Tratado de Nutrición, composición y calidad. 2 Ed. Médica Panamericana. Madrid. 786 p.
- Hernández, M. and A. Sastre., 1999. Tratado De Nutrición. 1 Ed. Díaz Santos. Madrid. 1496p.
- Hoyos, O.L. y P.E. Veléz. 2007. Manual de prácticas de Análisis de alimentos. Normas AOAC 925.22, 968.13, 925.23, 947.05.2000. Ed. Unicauca. Popayán (Colombia). pp. 45-55.

- Icontec. 2004. Norma Técnica Colombiana 4979. Bogotá D.C. pp. 5-10.
- Kirk, R. and H. Egan. 1996. Composición y análisis de los alimentos. Pearson. 2 Ed. Compañía Editorial Continental. México D.F.. pp. 607-609.
- Ministerio de Protección Social. 2006. Decreto 616. Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expendia, importe o exporte en el país. Bogotá D.C. pp. 1-25.
- Sena. 2011. Acidez de la leche y determinación de adulteraciones. Cartilla 3, módulo 2. http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/31496/html/b2_car3.html. 42p.; Consulta: Marzo 2014]
- SPSS. 2010. IBM Company. Statistics 19. Copyright Inc. 1989.
- Universidad De Murcia. 2010. Calidad Higiénica de la leche. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/practica-2-determinacion-de-la-calidad-higienica/?searchterm=prueba%20de%20alcohol>; Consulta: Febrero 2014.
- Gómez de Illera, M. 2005. Tecnología de lácteos. Unidad III. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 348p.
- Vanegas, D.B and M. Martínez., 2011. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaqué Cundinamarca y su comercialización (Colombia). Sistemas de Producción Agroecológicos 2(2): 92-115.

Evaluación de las Características Químicas y Microbiológicas Durante la Elaboración de Masa Madre

Evaluation of the Chemical and Microbiological Characteristics During the Preparation of Sourdough

Ramírez-López, Santiago¹; Quito-Vidal, Moisés²; Manrique-Cochachi, Jose.

- 1 Posgraduando en Ingeniería y Ciencia de Materiales, Laboratório de Tecnologia de Alimentos / FZEA, Universidade de São Paulo, sede Pirassununga, (email: santiagor@usp.br).
- 2 M.Sc. Industrial Biotechnology. Laboratorio de Microbiología de Alimentos / FIA, Universidad Peruana Unión, Sede Lima, (email: ecolí43@gmail.com).

Resumen. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar las características químicas y microbiológicas durante la elaboración de Masa Madre (MM) en diferentes tiempos, con dos tipos de harina y distintas concentraciones de uvas deshidratadas (pasas) como inóculo. Se empleó el Recuento Estándar en Placa (REP) para el control

microbiológico. Fue observado un efecto significativo del tiempo y del sustrato inicial sobre las características de la MM.

Palabras claves: Masa madre, fermentación, bacterias ácido lácticas.

Abstract. The purpose of this study was to evaluate the chemical and microbiological characteristics during the development of sourdough (MM) at different times, with two different types of flour and raisins as inoculum concentrations. Standard Plate Count (REP) for microbiological control was used. It was observed as a significant effect of time and the initial substrate on the characteristics of the MM.

Keywords: Sourdough, fermentation, lactic acid bacteria.

INTRODUCCIÓN

La MM aporta una flora microbiana y principios activos (enzimas, ácidos orgánicos) que confieren vitalidad fermentativa y acidez necesaria a la masa para asegurar la buena marcha del proceso de panificación (Marqués *et al.*, 2007). Se debe favorecer el crecimiento de levaduras y bacterias lácticas, mediante la incorporación de inóculos y el control de temperatura (Barber y Báguena, 1988; Calavera, 1996). Las concentraciones de los metabolitos generados por los microorganismos deben ser controladas para no alterar el normal desarrollo de los mismos y

afectar las características deseadas de la masa (Calaver, 1996). Por tal motivo el objetivo del presente estudio fue evaluar las características químicas y microbiológicas durante la elaboración de masa madre para panificación en diferentes tiempos, con dos tipos de harinas y distintas concentraciones de pasas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La MM estudiada fue producida en el Centro de Investigación en Panificación de la Universidad Peruana Unión, teniendo como variables el tipo de harina, panadera (HP) e integral (HI), y la concentración de pasas. Los análisis fueron recuento del Número de Levaduras (NL), Número Bacterias Totales (NBT), Número de Bacterias Coliformes Totales (NBCT), pH y acidez (expresado en ácido láctico). Su utilizó un diseño de bloques completamente aleatorio (ver Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del control microbiológico se muestran en la Tabla 1, así mismo el comportamiento del pH y

Tabla 1. Resultados del análisis microbiológico (Recuento Estándar en Placa - REP).

Trat./ Tiempo (días)	NBT (UFC / g de MM) x 10 ³				NBCT (UFC / g de MM) x 10 ²				NL (UFC / g de MM) x 10 ²			
	0	3	6	7	0	3	6	7	0	3	6	7
(a)	12	150000	100	2	2	58000	0	0	1	10000	200	60
(b)	5	760000	400	165	192	21000	16	1.3	3	132000	2300	1600
(c)	44	70000	2600	1510	3	23000	3920	0	0	7000	15000	18900
(d)	3	550000	32000	2710	7	37000	10	2	0	108000	14700	31200
(e)	3	1500	70	0,3	1	5000	2	0	55	29000	172000	73200
(f)	2	380000	3000	565	16	50000	147	11	0	153000	5700	8200
(g)	4	50000	500	382	5	8000	0,5	0	0	700	19000	26800
(h)	2	630000	24400	796	40	21000	538	148	0	8800	45300	18000

Tabla 2. Resumen del ANOVA para los distintos tratamientos

	Variables Independientes NL	Variables Dependientes				
		NBT	NBCT	pH	Acidez	
Harina Panadera	Concentración de pasas	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	Tiempo de fermentación	N.S.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
Harina Integral	Concentración de pasas	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	Tiempo de fermentación	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.

Sig.: Significativo (nivel de confianza 95 %)
N.S.: No Significativo

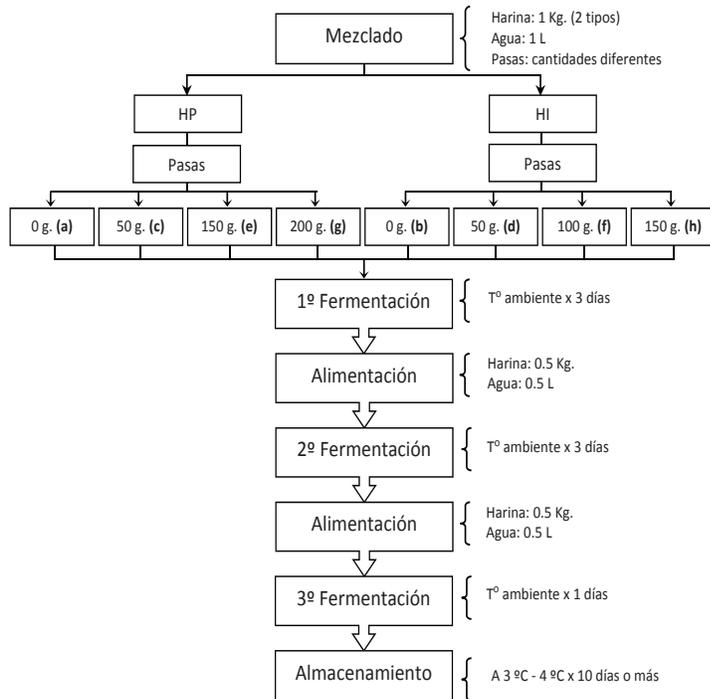
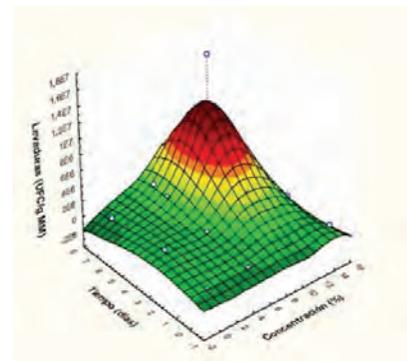


Figura 1. Esquema de la metodología para la elaboración de masa madre.

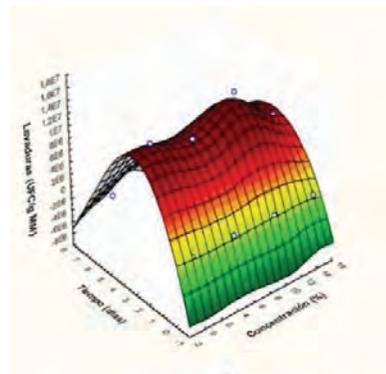
acidez se muestran en la Figura 2. Realizado el análisis de varianza (ANOVA) de los resultados, el factor tiempo es significativo para casi todas las variables (ver Tabla 2).

Para cada tiempo de control, existe diferencia significativa entre el tipo de harina utilizada, debido a las cargas microbianas iniciales (ver Tabla 1).

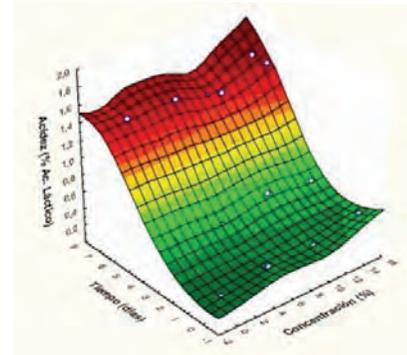
El NL es importante para favorecer el volumen del pan, en la Figura 2-a,b se observan diferentes patrones de crecimiento. La harina panadera contiene aditivos como conservantes, que pudieran haber inhibido el crecimiento de levaduras al inicio del primer tiempo de control, sin embargo, al final del control de la fermentación, las levaduras persisten mayoritariamente por efecto simbiótico de bacterias. Asimismo, en la Figura 2-c,d se observa que la acidez y el pH, tienen un comportamiento inversamente proporcional. El ácido láctico es importante para el sabor



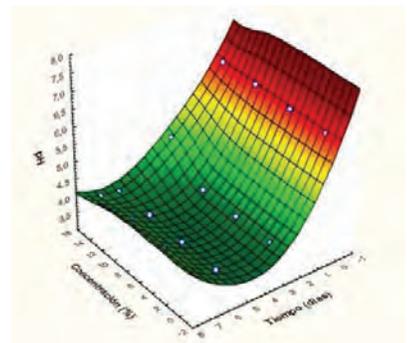
a)



b)



c)



d)

Figura 2. Comportamiento en función del tiempo de fermentación y concentración de pasas: a) REP de Levaduras en Harina Panadera, b) REP de Levaduras en Harina Integral, c) Acidez producida en Harina Panadera, d) pH alcanzado en Harina Integral.

del pan; sin embargo, se debe cuidar el pH para no generar otro tipo de fermentación como la butírica.

CONCLUSIÓN

Del presente trabajo se concluye que el tiempo de fermentación y el tipo de sustrato inicial son significativos en la elaboración de masa madre. La incorporación de pasas como inóculo de levaduras no es significativa. La variación de pH y acidez están directamente relacionada con el crecimiento de bacterias, y por lo tanto influenciada por las mismas variables.

REFERENCIAS

- Barber D and R. Baguena. 1988. Microflora of the sourdough of wheat flour bread. V. Isolation, identification and evaluation of functional properties of sourdough's microorganism. *Revista de agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 28:67.
- Calavera J. 1996. Tratado de panificación y bollería. 1º Ed. España. Ediciones Mundi - Prensa. 469 p.
- Marqués B., L. Albiñana y C. Pérez. 2007. , S.L. Dto. De I+D. Alfara del Patriarca - Valencia.12p.

Valoración de la Antigüedad de las Lesiones en Bovinos Producidos Bajo Condiciones de Bienestar Animal

Assessment of the Age of Bruises in Cattle Produced With Animal Welfare Standards

Scarpa, Verónica¹, Ghezzi, Marcelo D.², Díaz, Mauricio D.³

- 1 Vet. Becaria de la Comisión de Investigaciones Científicas. Área de Bienestar Animal y Anatomía I y II. UNCPBA.
- 2 Dr. Med. Vet. Coordinador Área de Bienestar animal. Responsable de Anatomía I y II. UNCPBA.
- 3 Med. Vet. Tecnología de los Alimentos. UNCPBA. Facultad de Ciencia Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Campus Universitario, 7000 – Tandil, Bs. As. Argentina. Correo electrónico: veroscarpa@gmail.com

Resumen. El hallazgo de lesiones en la res bovina es un indicador negativo del trato recibido previo a la faena y por consiguiente del bienestar animal, afectando la cantidad y calidad de la carne. Estas lesiones provocan importantes pérdidas económicas, ya que la carne lesionada no es apta para el consumo humano y debe ser retirada. Se estudiaron las características colorimétricas de las lesiones presentes durante la faena, en un rodeo de vaquillonas producidas en un feedlot donde se manejan a los animales con normas de bienestar. Se obtuvieron muestras del tejido lesionado, las cuales se estudiaron mediante colorimetría utilizando un Tristimulus colorimeter con sistema CIE L*a*b*. Los resultados demostraron la presencia de lesiones producidas en un rango de 11 a 24 horas previo al sacrificio. Se presume que dichas lesiones fueron causadas durante el transporte y el tiempo de espera previo a la faena en el frigorífico.

Palabras clave: Contusiones, hematomas, maltrato animal, colorimetría.

Abstract. The finding of lesions in beef cattle is a negative indicator of treatment received prior to slaughter and animal welfare, affecting the quantity and quality of the meat. These

*injuries cause major economic losses, as the injured meat unfit for human consumption and should be withdrawn. Colorimetric characteristics of the lesions present at slaughter were studied in a herd of heifers produced in a feedlot where animals are handled with welfare standards. Injured tissue samples were obtained, which were studied by colorimetry using a colorimeter Tristimulus with CIE L * a * b * system. The results demonstrated the presence of lesions produced in a range of 11 to 24 hours prior to slaughter. It is presumed that these injuries were caused during transport and the time prior to slaughter in the fridge waiting.*

Key words: Contusions, hematomas, animal abuse, colorimetry.

INTRODUCCIÓN

Los factores de riesgo que se generan durante la carga, el transporte, la descarga del ganado vacuno y el tiempo de espera en frigoríficos, se evidencian durante la faena como lesiones, que causan perjuicios económicos y afectan la calidad de la carne (Rebagliati *et al.*, 2006). La presencia de lesiones en las reses bovinas, tales como marcas de

elementos de arreo inapropiados o elementos apropiados pero usados en forma incorrecta, son el reflejo de un mal manejo (Gallo, 2005). Las pérdidas de la faena anual bovina por lesiones generaron un perjuicio aproximado de \$134.508.669 (U\$S 42.431.757) que fue registrado por Ghezzi *et al.*, (2008), en Argentina. Cuando se determina la prevalencia de estas lesiones en una planta faenadora, no sólo se está evaluando la calidad del producto final, sino también todo el proceso de manejo ante-mortem (Gallo, 2009). La finalidad de este trabajo fue analizar animales provenientes de un establecimiento donde se trabaja con maniobras de bienestar animal, y estudiar el color de las lesiones que ocurren en la faena. Se buscó mapear las lesiones en el espacio de color CIELab (Figura 1). El estudio del color de las mismas, permite individualizar las etapas donde se produjeron, y el momento en que se evidencian problemas de bienestar animal. Además sirve como documento de certificación que determine con precisión los puntos críticos de la cadena de producción de carne. Hipótesis: Se presume que los animales estudiados, criados en un feedlot con normas adecuadas de bienestar animal, no presentarán lesiones a la hora de la faena. En caso de presentar lesiones, se presume que fueron causadas durante el transporte y en el frigorífico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron n=50 animales de la categoría vaquillonas, provenientes de un feedlot situado en Barker, Bs. As., Argentina, donde los bovinos se manejan con condiciones

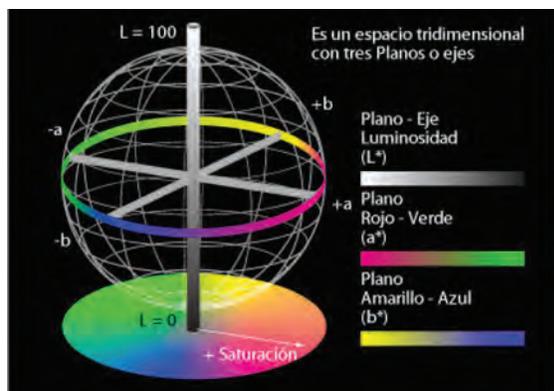


Figura 1. Espacio de color CIELab

de bienestar animal. Estos animales se transportaron mediante camiones, recorriendo 70 km (1:30 horas de viaje) hasta la ciudad de Tandil, Bs. As., Argentina y fueron sacrificados luego de 16 horas de descanso en el frigorífico. Las muestras fueron obtenidas durante la faena mediante disección completa de las lesiones (hematomas) que se encontraban en las reses. Se obtuvieron los parámetros colorimétricos del tejido lesionado utilizando el colorímetro portátil Minolta CR-410 con software CR-S4W (Minolta Co. Ltd. Japón). Se efectuaron tres disparos por muestra: del centro (C), periferia (P) y tejido normal (N) respectivamente. Las medidas de color (n_2) se registraron en el sistema de la Commission International de L'Eclairage (C.I.E.) (Figura 1) obteniendo los índices de L^* (Luminosidad; negro = 0; blanco = 100), a^* (colores: -a "verde"; +a "rojo") y b^* (colores: -b "azul"; +b "amarillo") y sus variaciones ΔL^* , Δa^* y Δb^* respecto del valor normal. Se calcularon los valores de Saturación = y Tono =. La antigüedad (en horas) de la lesión se estimó mediante el método de Gracey *et al.*, (1999) como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Observaciones de color utilizadas para estimar la antigüedad de las lesiones

Color observable de la lesión	Antigüedad de la lesión estimada en horas
Rojo brillante y hemorrágico	0 a 10 horas
Rojo oscuro	11 a 24 horas
Rojo azulado, de consistencia acuosa	25 a 38 horas
Anaranjado oscuro, con mucosidad amarilla	39 a +72 horas (3 días)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 38% (n=50) de animales lesionados. Herrera (2008) al analizar la prevalencia de contusiones dentro de un frigorífico que reciben bovinos de zonas cercanas (transporte menor a 8 horas) registró un 7.92% (n=30.567) de reses con lesiones en Chile, y Ghezzi *et al.*, (2008) detectó un 58,8% (n=15.361) en Argentina.

Tabla 2. Valores colorimétricos CIELab de las lesiones estudiadas ($n_2=11$)

Valores colorimétricos	Lesión Centro (C)	Lesión periferia (P)	Tejido normal (N)
L*	35,76	43,56	57,90
a*	21,92	22,48	14,33
b*	8,59	10,58	13,01
ΔL^*	-22,14	-14,34	-
Δa^*	7,59	8,15	-
Δb^*	-4,43	-2,44	-
Saturación=C*	23,57	25,01	19,75
Tono=h*	21,14	24,92	43,76
ΔC^*	3,82	5,26	-
Δh^*	-22,62	-18,84	-

Para saber en forma precisa y segura cuándo y dónde se produjo la lesión, es necesario emplear análisis detallados y refinados (Starppini *et al.*, 2009). Gracey *et al.*, (1999) demostraron que la estimación del tiempo de la contusión en las reses bovinas, se puede realizar a partir de la apariencia de color del hematoma: Un hematoma de color rojo brillante es probable que se haya producido hace unas 10 horas, mientras que un hematoma de color rojo oscuro se produjo aproximadamente hace 24 horas (Tabla 1). Considerando que el tejido normal (N) analizado corresponde a tejido subcutáneo (adiposo) los valores colorimétricos (Tabla 2) se ubican en el espacio de color CIELab: con una luminosidad de $L^*=57,90$, con pigmentos amarillos y rojos claros de $+a^*=14,33$ y $+b^*=13,01$, de leve saturación $C^*=19,75$ y tono entre amarillo y rojo de $h^*=43,76$. Los valores colorimétricos (Tabla 2) para el tejido lesionado (C y P) se ubican en un espacio CIELab: de luminosidad $L^*=35,76$ y $43,56$ resultando lesiones superficiales opacas, de pigmentos rojo y amarillos de $+a^*=21,92$ y $22,48$; $+b^*=8,59$ y $10,58$, pero más oscuros Δa^* positivo= $7,59$ y $8,15$, de aspecto más azulado Δb^* negativo= $-4,43$ y $-2,44$

y de mayor saturación $C^*=23,57$ y $25,01$ que el tejido subcutáneo normal, encontrándose cerca del gris. Estos datos se corresponden a los sugeridos por Gracey *et al.*, (1999) como lesiones de una antigüedad de entre 11 y 24 horas. Factores tales como infraestructuras inadecuadas y mal manejo son para Grandin (1996) los motivos más recurrentes por los cuales se observan contusiones en las reses bovinas. Las causas probables de los hematomas encontrados dentro de este rango de tiempo, son maniobras realizadas durante las horas de transporte y el tiempo de espera en el frigorífico, tales como pechazos entre animales, golpes con palos, golpes con puerta guillotina, puertas de camiones sin rodillos, choque de animales contra instalaciones, entre otras.

CONCLUSIÓN

Se comprobó que las contusiones almacenan información sobre las situaciones de maltrato o mal manejo al que fue sometido un animal antes de ser faenado. El estudio meticuloso del color de las lesiones mediante el método diagnóstico utilizado permitió clasificar las muestras dentro de un rango de antigüedad de 11 a 24 horas que se corresponde con los momentos de la cadena productiva de carga, transporte, descarga, tiempo de espera previo faena y faena. Estos datos permiten demostrar que el manejo ante-mortem de los animales durante el transporte y la espera no cumplió con las normas de bienestar animal, confirmando la hipótesis de trabajo. Si bien en el feedlot se utilizan normas de bienestar, esto no garantiza que los animales lleguen sin lesiones a la faena. El tiempo y el dinero invertido en producir animales de buena calidad se pierden en pocas horas por el decomiso de la carne lesionada. Consideramos conveniente que las buenas prácticas ganaderas sean implementadas en cada uno de los eslabones de la cadena productiva, para reducir sustancialmente la incidencia de lesiones y así obtener un producto alimenticio en cantidad y calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Gallo, C. 2009. Transporte y reposo pre-sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: Bienestar Animal y Calidad de la Carne. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp:15-36.
- Gallo C. 2005. Factores previos al faenamiento que afectan la calidad de las canales y la carne en los bovinos. En: A. Catrileo, Producción y manejo de carne bovina en Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria Ministerio de Agricultura. Pp 577-595.

- Ghezzi M., R. Acerbi, M. Ballerio, J. Rebagliati, M. Díaz, P. Bergonzelli, D. Civit, E. Rodriguez, J. Passucci, R. Cepeda, M. Sañudo, M. Copello, J. Scorzielo, M. Caló, E. Camussi J. Bertoli, M. Aba. 2008. Evaluación de las prácticas relacionadas con el transporte terrestre de hacienda que causan perjuicios económicos en la cadena de ganados y carnes. IPCVA, Cuadernillo técnico N°5, Mayo.
- Gracey, J.G., D.S Collins and R.J Huey. 1999. Meat Hygiene. 10th ed. London: Balliere Tindall.
- Grandin T. 1996. El bienestar animal en las plantas de faena, American Assoc Bovine Pract, Proceedings, 22 – 26.
- Herrera C.A. 2008. Análisis descriptivo de factores asociados a la presentación de contusiones y pH elevado en canales de bovinos de distinta procedencia geográfica. Tesis médico veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Chile. p9 y 19.
- Rebagliati, J.E., M. Ballerio, R. Acerbi, M. Díaz, M.M Alvarez, F. Bigatti, J.A. Cruz Mascitelli L., P. Bergonzelli, C. Gonzalez, D. Civit, M.D. Ghezzi. 2006. Evaluación de las prácticas ganaderas en bovinos que causan perjuicios económicos en plantas frigoríficas de la República Argentina. IPCVA Cuadernillo Técnico N° 3. Búsqueda en Internet <http://www.ipcva.com.ar>
- Strappini, A.C., J. Metz, C. Gallo, B. Kemp. 2009. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. Animal 3(5):728-736.

Desarrollo y Optimización de un Método Multiresiduo para el Análisis de Antibióticos en Leche.

Development and optimization of a Multiresidue Method for the Analysis of Antibiotics in Milk.

Andrea del Pilar Mojica C.¹; Diego A. Ahumada F.²; Adriana Mireya Zamudio S³

¹ Química, M.Sc, Laboratorio de Inocuidad Química, Centro de Bio-Sistemas, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cajicá (Cundinamarca), Colombia. AA 140196

² Químico, M.Sc, Subdirección de Metrología Química y Biomedicina, Instituto Nacional de Metrología de Colombia, Colombia AA 111321.

³ Química, Laboratorio de Inocuidad Química, Centro de Bio-Sistemas, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cajicá (Cundinamarca), Colombia. adriana.zamudio@utadeo.edu.co

Resumen. La presencia de antibióticos en alimentos se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los consumidores, esto ha llevado a que los laboratorios tengan que desarrollar métodos analíticos específicos que permitan analizar un mayor número de antibióticos, en el menor tiempo posible y con alta confiabilidad. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y optimizar un método para la determinación de residuos de antibióticos en leche. Para esto, se empleó el método QuEChERS en la extracción de las muestras y cromatografía líquida ultra rápida acoplada a espectrometría de masas (UFLC-MS). Las condiciones de operación del UFLC-MS, fueron optimizadas a través del uso de diferentes diseños experimentales. Los factores estandarizados correspondieron a: composición de la fase móvil, voltaje del capilar, temperatura de la línea de desolvatación, temperatura del bloque de calentamiento, flujo de los gases de secado y nebulización. Finalmente, el método optimizado se evaluó con muestras de leche fortificadas y

se encontró que los niveles de detección del método son inferiores a los límites máximos de residuos para la mayoría de antibióticos.

Palabras clave: cromatografía, QuEChERS, medicamentos veterinarios.

Abstract. The antibiotics residues in milk has become a major concern for consumers, for this reason nowadays laboratories are tasked to screen samples for as many antibiotics as possible in a single analysis within an appropriate timescale and cost. The aim of this work was develop and optimize a reliable method for the determination of antibiotic residues in milk. For this purpose, the sample analysis was achieved with a QuEChERS method for extraction followed by ultra fast liquid chromatography coupled to mass spectrometry (UFLC-MS). The operating conditions of UFLC-MS were optimized by different experimental designs. The factors analyzed included mobile phase composition, capillary voltage, desolvation

temperature, block temperature, drying and nebulizing gas flow rate. Finally, the optimized method was evaluated on fortified milk samples. It was found that the method detection levels are below the maximum residue limits for the most of the antibiotics.

Key words: chromatography, QuEChERS, veterinary drugs.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, la seguridad alimentaria en el contexto de contaminantes en alimentos, se ha convertido en una de las áreas de mayor interés tanto para las entidades gubernamentales como para los consumidores. Para el caso específico de la leche, la presencia de medicamentos veterinarios como contaminantes viene asociada a la aparición de bacterias resistentes a estos medicamentos, efectos alergénicos, tóxicos, mutagénicos, teratogénicos, carcinogénicos, entre otros que afectan la salud humana (Paige, 1997). En Colombia, el empleo de medicamentos veterinarios, es una actividad que se ha dado principalmente por la necesidad de controlar parásitos y/o infecciones, hecho que se ve reflejado en el número relativamente alto de registros que el ICA tiene para este tipo de medicamentos (ICA,2013). Por ello, con el propósito de asegurar la protección al consumidor, a nivel mundial se ha establecido la necesidad de desarrollar herramientas analíticas que permitan realizar diagnósticos de alta confiabilidad en lo

referente a la presencia de residuos de estos medicamentos en productos alimenticios. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es presentar los resultados obtenidos en el desarrollo y optimización de un método multiresiduo para el análisis de antibióticos en leche, mediante UFLC-MS.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El análisis fue llevado a cabo en un cromatógrafo líquido ultra rápido Shimadzu Prominence, acoplado a un detector selectivo de masas LCMS-2020. Se empleó un generador de nitrógeno ABN2ZE Peak Scientific. Todos los análisis fueron realizados en modo SIM y en modo ESI. En una columna Shim Pack (6 cm × 2 mm d.i., tamaño de partícula de 2,1 μm y fase estacionaria C18). El volumen de inyección fue de 5 μL, la temperatura de la columna 40°C y el flujo de la fase móvil 0,3 mL/min. Se evaluaron diferentes composiciones de la fase móvil, así como diferentes solventes orgánicos: acetonitrilo (ACN) y metanol (MeOH). La extracción realizó a través del método QuEChERS (Arroyo, 2014). Para el proceso de optimización se emplearon diseños experimentales factoriales y completamente al azar, el nivel de significancia correspondió a 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El primer paso en la optimización fue el empleo de diferentes fases móviles y composiciones de estas, con el propósito de lograr la mejor separación de los compuestos, hecho

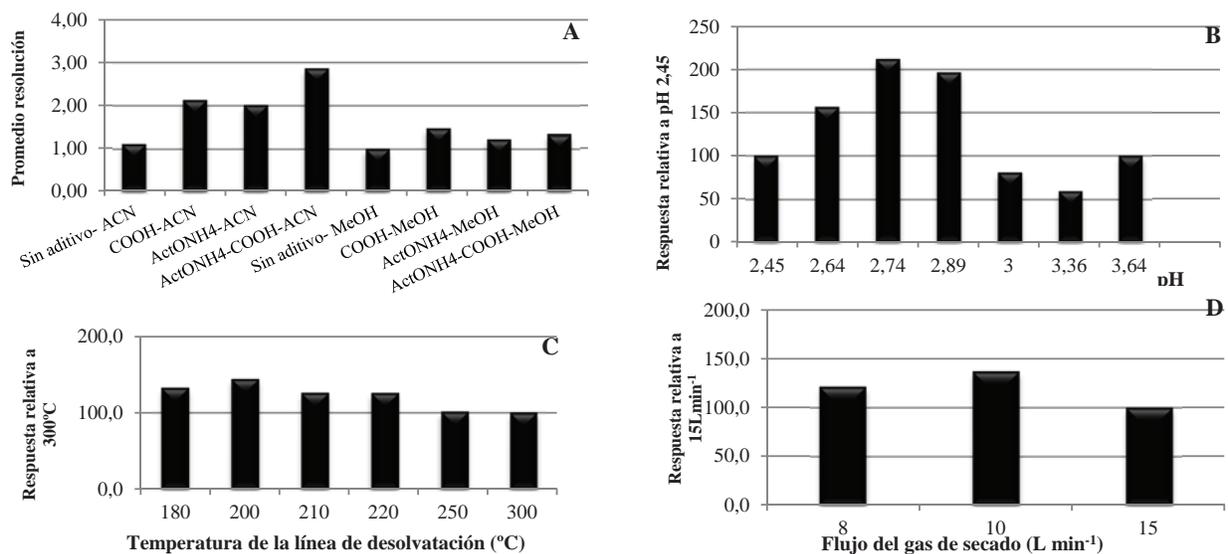


Figura 1. Optimización de las condiciones cromatográficas y de la interfaz. A. Composición del fase móvil. B. pH de la fase acuosa para el sistema AcONH₄-COOH-ACN. C. Temperatura de la línea de desolvatación. D. Flujo de gas de secado.

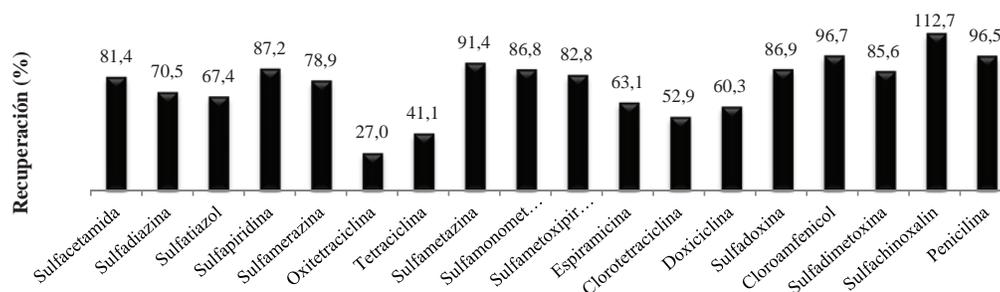


Figura 2. Resultados de porcentaje de recuperación de la evaluación del método optimizado.

indispensable para este tipo de analitos (Barcellos, 2014). La Figura 1A muestra el promedio de las resoluciones cromatográficas para los diferentes sistemas estudiados. En esta Figura se observa que el empleo de MeOH en todos los casos ofrece bajas resoluciones, por ello se optó por ACN. La Figura 1A, muestra que el empleo de aditivos mejora la separación cromatográfica, siendo la combinación acetato de amonio-fórmico-acetonitrilo la mejor opción. La Figura 1B, muestra los resultados obtenidos para la optimización del pH de la fase móvil, en esta figura se puede observar que el mejor pH corresponde a 2,74.

La optimización del gas de secado, (Figura 1D) para la interfaz se realizó aplicando un diseño experimental factorial 5 (temperaturas) x 3(flujos) y la ionización de los analitos se optimizó a través de un diseño experimental 5(voltajes) x 2 (Flujos). Las Figuras 1C y 1D, muestran el promedio de las respuestas relativas a la temperatura y al flujo más altos. El análisis estadístico indicó que no existe interacción entre los factores estudiados ($p > 0,005$) y que hay diferencias estadísticas entre los flujos, las temperaturas y voltajes evaluados ($p < 0,005$), siendo las mejores condiciones 210 °C para la línea de desolvatación, 10 L min⁻¹ para el gas de secado, 4kV para el capilar y 1,5 Lmin⁻¹ para el gas nebulizador. Finalmente, se fortificaron muestras de leche a una concentración cercana a 50 µg kg⁻¹ y se determinaron los porcentajes de recuperación que se presentan en la Figura 2.

Al comparar los resultados de literatura, se encuentra que estos correlacionan con los resultados de otros métodos existentes, pues la determinación de tetraciclinas empleando sistemas líquido-líquido no son eficientes para la extracción de estos compuestos (Kaale E, 2008).

CONCLUSIÓN

Se desarrolló un método multiresiduo para el análisis de residuos de antibióticos en leche, el método se optimizó a través de diseños factoriales, con lo cual se establecieron las mejores condiciones de operación del cromatógrafo y de la interfaz. El método mostró un buen desempeño al realizar la evaluación con muestras de leche fortificadas ya que para la mayoría de compuestos se obtuvieron porcentajes de recuperación entre el 70 y 120%. (Directive 96/23/EC).

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a Colciencias por su financiación a través del proyecto No.120256135813.

BIBLIOGRAFÍA.

- Arroyo, N., L. Gámiz y A. García. 2014. Alternative sample treatments for the determination of sulfonamides in milk by HPLC. *Analytical Methods* 143(15):459-464.
- Barcellos, R., F. Barreto, J. Melob, M. Targa, T. Pizzolato and M. Ruaro. 2014. Scope extension validation protocol: inclusion of analytes and matrices in an LC-MS/MS sulfonamide residues method. *Food Additives & Contaminants: Part A* 31(1): 39-47.
- ICA. 2014. Medicamentos veterinarios con registro vigente a 20 de Febrero de 2014. En: Instituto Colombiano de Agricultura <http://www.ica.gov.co/getdoc/8c3a3a0c-070f-4aaf-961b-776279e5cf27/Medicamentos-veterinarios.aspx>; consulta: Marzo 2014.
- Paige, J., L. Tollefson and M. Miller. 1997. Public health impact on drug residues in animal tissues, *Veterinary and Human Toxicology* 9:1-27.



Gestión y Transferencia de Tecnología en la Industria de Alimentos

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Intermediarios de Innovación en el Sistema Trigo del Valle del Yaqui, México <i>M. Cristina Garza; Cristina Taddei</i>	1112
Aplicación de Metodologías QFD-AHP para la Priorización de Desarrollos Patentables en la Industria Alimenticia <i>Jimena Rios Rivera; Lady Joana Rodríguez</i> <i>y Carlos Eduardo Orrego A.</i>	1114
Desarrollo de un Respirómetro para Productos Agrícolas <i>Karen J. Ortega, Carlos A. Vélez, Carlos A. Gómez,</i> <i>Jaime Velasco, Lisímaco Alonso A.</i>	1116
Vigilancia Tecnológica como Herramienta para Orientar Investigación en Poligalacturonasas para Procesamiento de Frutas y Vegetales <i>Ana María Bustamante Moreno; Catalina Giraldo-Estrada; Magally Romero; Arley Zapata</i>	1119
Vigilancia Tecnológica en Secado de Frutas y Verduras Empleando Microondas <i>Kelly A. Bermúdez P; J.C. Gómez-Daza y F. Machuca</i>	1122
Vigilancia Tecnológica en Procesos de Investigación de empaques Semirrígidos Biodegradables a Partir de Yuca Y Fique <i>Heydy Belsy Pabon Ortiz; José Luis Hoyos y Héctor Samuel Villada</i>	1124
Validación de Métodos Normalizados Para Evaluar Algunos Parámetros de Calidad de Mieles e Hidromieles <i>Luis Alejandro Palacios; William Isidro Mora; Mario Alejandro Dávila;</i> <i>Martha Cuenca; Amaury Blanco</i>	1128

Intermediarios de Innovación en el Sistema Trigo del Valle del Yaqui, México

Innovation Intermediaries in Wheat System in the Yaqui Valley, Mexico

M. Cristina Garza¹; Cristina Taddei²

1 Candidata a Doctora del programa en Ciencias del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Correo electrónico: mcristina.garza@gmail.com

2 Investigadora del departamento de Economía Internacional y Regional y coordinadora de investigación del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Correo electrónico: ctaddei@ciad.mx

Resumen. El Valle del Yaqui, en el estado de Sonora, México, es reconocido por sus niveles elevados de producción y rendimientos, y por la constante interacción del sector agrícola con centros de investigación de alto nivel nacionales (Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria) e internacionales (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). El objetivo de este artículo es identificar el intermediario innovador en el proceso de innovación del trigo cristalino. El proceso metodológico partió de entrevistas a los investigadores del grupo de trabajo del Plan Rector del Sistema Producto Trigo en el INIFAP. Posteriormente se realizó el análisis de discurso para construir el esquema de la estructura de transferencia tecnológica básica en el proceso de innovación de trigo y se definió que el organismo intermedio, según Howells (2006), responde a una organización intermediaria de innovación.

Palabras clave: Innovación, transferencia tecnológica, trigo.

Abstract. The Yaqui Valley in Sonora, Mexico, is well known for its high production levels and yields, and the interaction of agricultural with the recognized, national research centers (INIFAP) and international (CIMMYT). The aim of this article is to identify the innovation intermediary in the innovation process of durum wheat. The methodology came from interviews with the Master Plan of Wheat System Group in INIFAP. Finally, the discourse analysis was performed to build the outline of the structure of basic technology transfer in the innovation process wheat and defined the intermediate organization, as Howells (2006), responds to an intermediary organization innovation.

Key words: Innovation, technology transfer, wheat.

INTRODUCCIÓN

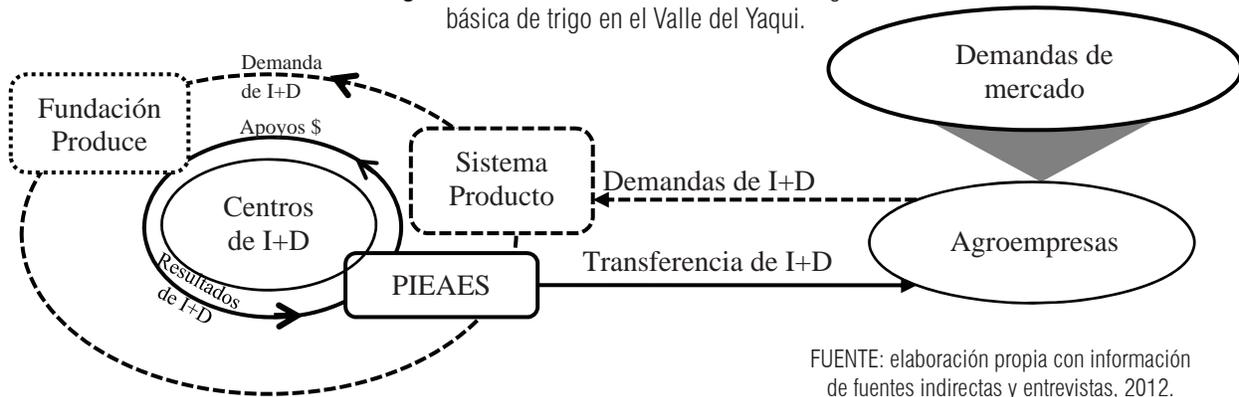
La innovación, según Villavicencio *et al.* (2011), es el proceso de creación de conocimiento nuevo a partir del existente y requiere de la acumulación de aprendizajes y adquisición de capacidades. Es un proceso complejo e interactivo en el que hay una *coevolución* de los sistemas científicos, tecnológicos

y sociales (Smits, 2002)³, además de una vinculación entre los mismo (Klerkx y Leeuwis, 2008). Ante esta complejidad, emergen actores a los cuales ampliamente se les denomina “intermediarios” y cuyas tareas van desde la difusión de información, hasta la negociación y formalización de acuerdos. Esta figura se ha conceptualizado de diversas formas, para lo que Howells (2006) compila y analiza algunas de estas definiciones como la de *organizaciones intermediarias* de Watkins y Horley (1986), *instituciones puente* de Stankiewicz (1995); *brokers* de Aldrich y von Glinow, (1992); Hargadon y Sutton (1997); Provan y Human (1999); etc. Howells (1999; 2006) denomina *intermediarias de innovación* a aquellas que tienen un papel como empresas de servicios, al tiempo que se desempeñan como intermediarios dentro de los sistemas de innovación.

En México, el conocimiento, se genera principalmente en las universidades y centros públicos de investigación y desarrollo (I+D) y cuentan con una sólida capacidad científica y tecnológica vulnerable a cambios institucionales, al tiempo que enfrentan un limitado número de empresas que se caracterizan por invertir y demandar en actividades de I+D (Pérez, 2011). El objetivo de este artículo es identificar el perfil del intermediario de la innovación en el proceso de innovación del trigo cristalino en el Valle del Yaqui, México, región reconocida por sus niveles elevados de producción y por la constante interacción del sector agrícola con centros de investigación de alto nivel nacionales (Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria) e internacionales (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). El proceso metodológico partió de entrevistas a los investigadores del grupo de trabajo del Sistema Producto Trigo en el INIFAP. Posteriormente se realizó el análisis de discurso para identificar el tipo de intermediación en la región a partir de la revisión de la literatura.

³ Klerkx y Leeuwis (2008) indican que en la literatura de la innovación agrícola, la visión lineal de la innovación (por ejemplo, la I+D agrícola genera tecnologías que las transferencias de extensión agrícola a los productores agrícolas para la adopción) es criticada, y reemplazados por sistemas de innovación enfoques.

Figura 1. Estructura de transferencia tecnológica básica de trigo en el Valle del Yaqui.



FUENTE: elaboración propia con información de fuentes indirectas y entrevistas, 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de innovación del trigo en el Valle del Yaqui inicia con las demandas de mercado detectadas por las agroempresas, cuyos consumidores son la industria productora de sémola, la industria de alimentos balanceados y países del norte de África e Italia y sus exigencias versan principalmente en cuanto a volumen, inocuidad del producto, color y porcentaje de proteína en el grano. Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos, los agroempresarios transmiten sus necesidades a los centros de investigación y desarrollo (I+D) ubicados en la región⁴.

Sin embargo, el proceso de transferencia de necesidades de investigación se lleva a cabo a través del Sistema Producto Trigo conformado por representantes del gobierno local, nacional, productores y de las instituciones de I+D, así como de la Fundación Produce, encargada de perfilar dichas demandas en proyectos de investigación cuyos resultados, serán transferidos directamente al Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora (PIEAES). Dicho organismo, está integrado por productores organizados para apoyar con recursos materiales y financieros a la investigación agrícola en la región (Figura 1).

Por su naturaleza, el PIEAES también expresa demandas ante el Sistema Producto Trigo y dada su organización, promueve una cuota porcentual del pago de permiso de siembra anual, para el fomento a proyectos de I+D, que se materializan mayormente en la mejora de variedades de cultivos. Una vez que se transfieren los resultados, este organismo es encargado de reproducirlos y comercializarlos en la región, procurando garantizar el abasto. En otra de sus funciones como empresa de servicios, cuentan con laboratorio de diagnóstico fitosanitario con personal ampliamente asesorado debido a la cercanía con el INIFAP y el CIMMYT.

⁴ Desde mediados del siglo pasado, INIFAP y CIMMYT, colaboran con el sector productivo agrícola de la región en un plan impulsado por el gobierno mexicano para la mejora agrícola.

CONCLUSIÓN

En el proceso de innovación en el sistema trigo de la región Valle del Yaqui en el estado de Sonora, México, el mecanismo de intermediación tiene dos aspectos: si bien puede definirse como una institución puente como menciona Stankiewicz (1995) por que se establecen puentes entre las instituciones a través del Sistema Producto Trigo y Fundación Produce, es el PIEAES, quien realiza una función sistémica, como indica Howells, ya que no solo establece enlaces entre el sector productivo y el institucional, sino que además, se irgue como una empresa de servicios al ser el organismo encargado de gestionar el suministro de semillas generadas a partir de las variedades obtenidas en los centros de I+D, además de ser la empresa más confiable para el análisis fitosanitario de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Klerkx, L., C. Leeuwis. 2008. Balancing multiple interests: Embedding innovation intermediation in the agricultural knowledge infrastructure, *Technovation* 28 (6): 364-378.
- Howells, J., 1999. Research and technology outsourcing and innovation systems: an exploratory analysis. *Industry and Innovation* 6(1): 111-129
- Howells, J. 2006. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy* 35 (5): 715-728
- Pérez, M. 2011. Innovación y organismos intermedios en México: el caso de la biotecnología agrícola. Pp. 57 – 80. . En Villavicencio, D., Martínez, A, López, P. (Coords.) *Dinámicas institucionales y políticas de innovación en México*, UAM – X y Plaza y Valdez Ed. México, D.F. 318p.
- Smits, R.2002. Innovation studies in the 21st century:; Questions from a user's perspective, *Technological Forecasting and Social Change* 69(9): 861-883.
- Stankiewicz, R., 1995. The role of the science and technology infrastructure in the development and diffusion of industrial automation in Sweden. *Technology systems and economic performance: The Case of Factory Automation* 5: 165-210.
- Villavicencio, D., A. Martínez, P. López. 2011. *Dinámicas institucionales y políticas de innovación en México*, UAM – X y Plaza y Valdez Ed. México, D.F. 318 p.

Aplicación de Metodologías QFD-AHP para la Priorización de Desarrollos Patentables en la Industria Alimenticia

QFD-AHP Methodologies Application to Select Patentable Developments in Food Industry

Jimena Rios Rivera¹; Lady Joana Rodríguez¹ y Carlos Eduardo Orrego A¹

1 Instituto de Biotecnología y Agroindustria. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Bloque T, Km 4 Vía al Magdalena. ceorrego@unal.edu.co, ljrodriguez@unal.edu.co, jrriosr@unal.edu.co.

Resumen. El presente artículo propone una metodología sistemática y objetiva para la evaluación y selección de desarrollos tecnológicos, en el área alimentaria susceptibles de patentamiento. La metodología de despliegue de la función de calidad (QFD) fue utilizada para la indentificación y ponderación de “QUE” y “CÓMO” se debe cumplir una patente. Se evaluaron y ponderaron tres desarrollos con potencial de patentamiento mediante el análisis jerárquico (AHP), siendo el criterio mas relevante la funcionalidad. Una vez fue identificado el desarrollo mas viable, se diagnosticaron sus puntos específicos a mejorar mediante la matriz de inteligencia organizacional (MIO).

Palabras claves: Análisis de decisión multicriterio, Patente, Desarrollo tecnológico.

Abstract: Análisis de decisión multicriterio, Patente, Desarrollo tecnológico. *Abstract. QFD-AHP methodologies application to select patentable developments in food industry. The present paper proposes a systematic and objective methodology for selecting and evaluating technological developments in food processing and food products liable for patenting. Quality Function Deployment (QFD) methodology was used to identify and weigh the “WHAT” and “HOW” of patent accomplishment. Three liable for patenting developments were evaluated and weighted by using an analytic hierarchy process (AHP) method, being functionality as the most important criterion. Once identified the most viable development, the matrix of organizational intelligence (MIO) was used to diagnose the specific areas for improvement.*

Keywords: Multiple-criteria decision analysis, Patent, Technological development.

INTRODUCCIÓN

Las patentes son consideradas como una medida importante de avance tecnológico y constituyen una ventaja competitiva para una empresa o país. En Colombia la concesión de patentes es considerada por la comunidad científica como un procedimiento prolongado, complejo y costoso. Esto explica que en el país solamente fueron concedidas el 12% de las solicitudes de patentes en los últimos 22 años (González-Gélvez y Jaime,

2013). Desarrollar protocolos para priorizar los desarrollos con mayor potencial de patentamiento o licenciamiento, y que simultáneamente permitan detectar puntos a mejorar, puede aumentar la probabilidad de éxito de este proceso. Con este propósito se han propuesto metodologías que han utilizado la evaluación de expertos, análisis bibliométricos, QFD, lógica difusa y otras técnicas que por separado llevan a selecciones restringidas (Han and Shin, 2013) (Wang *et al.*, 2012).

Este artículo propone una metodología integral, sistemática y objetiva para seleccionar y evaluar varios desarrollos tecnológicos del área de alimentos, con mayor potencial de patentabilidad. Para este fin las técnicas empleadas fueron el despliegue de la función calidad (QFD), el proceso analítico jerárquico (AHP) y la matrix MIO. Estas metodologías permiten indentificar características a partir de “QUE” y “CÓMO”, debe cumplir una patente, ponderándolas según importancia, peso en el proceso de patentamiento e identificación de puntos específicos a mejorar.

MATERIALES Y MÉTODOS

QFD. Es un método diseñado para correlacionar los requisitos del cliente con características de ingeniería, utilizado normalmente en el desarrollo de productos. En este estudio fue aplicado a través de discusiones de varios expertos (investigadores), los cuales valoran la correlación entre los requerimientos de un desarrollo patentable y la característica de este mediante el uso de la escala asimétrica de 0 (No hay relación), 1 (bajo), 3 (medio) y 9 (alto), para determinar el nivel de importancia de las cualidades requeridas (Han y Shin, 2013).

AHP. El método AHP es un modelo de decisión que interpreta los datos y la información directamente, mediante la realización de juicios y medidas en una escala de razón dentro de una estructura jerárquica establecida (Al-Harbi, 2001). Es un proceso para derivar el cálculo de las preferencias de los componentes, basado en la construcción de matrices de comparación de pares. Inicialmente se identifica el desarrollo con mayor potencial de patentamiento y en luego se aplica toda la metodología referente al AHP, con el fin de seleccionar la mejor opción según los criterios identificados por la metodología QFD y la encuesta

Tabla 1. QFD para la ponderación de criterios,

Como Que	Único	Novedoso	Investigación básica	Investigación aplicada	Desarrollo tecnológico	Funcionalidad	Costos operacionales	Estudio de la competencia	Estudio de mercado
Innovador	9	9	9	3	1	9	0	3	9
Viabilidad Técnica	0	0	9	9	9	9	9	1	3
Viabilidad Económica	1	1	9	9	9	1	9	3	3
Viabilidad comercial	9	9	0	3	3	9	0	9	9
(R)	19	19	27	24	22	28	18	16	24
% (PR)	9,64%	9,64%	13,71%	12,18%	11,17%	14,21%	9,14%	8,12%	12,18%
r(P)	5	5	2	3	4	1	6	7	3

aplicada a los expertos en su investigación como método inicial de diagnóstico.

MIO. La matriz MIO se utiliza para indentificar el estado de avance y puntos a mejorar del desarrollo indentificado por la metodología AHP, con base en la encuesta nombrada anteriormente.

Desarrollos estudiados. Del grupo de investigación Alimentos-Frutales fueron seleccionados tres posibles productos patentables: barras de fruta extruidas (D1), barras de fruta liofilizadas (D2) y biocompuestos para empaques alimenticios (D3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Requerimientos para el desarrollo de una patente. Después de aplicar la metodología QFD los “QUE” y los “CÓMO” fueron identificados y ponderados mediante una correlación Tabla 1 (Hsieh, 2013) en donde se observa que el criterio con mayor peso es la innovación y las principales maneras para mejorar el desarrollo son: la investigación básica, aplicada y funcional. Estos resultados son importantes para que los investigadores identifiquen los criterios mas relevantes para orientar su investigación.

Identificación de desarrollo potencialmente patentable. Teniendo en cuenta las 9 ponderaciones de la Tabla 1 y la encuesta aplicada, en la cual los investigadores valoraban el estado de ejecución de las posibles invenciones, se aplicó la herramienta AHP. Según estos resultados, el D2 con un porcentaje de 46,9% fue juzgado

como el mejor. El D1, fue el segundo con un porcentaje de 41,8% y, finalmente el D3 con 10,8%. Por lo tanto las barras de fruta extruidas es el desarrollo que tiene mayor avance dentro de los criterios de patentamiento.

Diagnóstico de desarrollo seleccionado. Se identificaron las debilidades y criterios a mejorar para las barras de fruta extruidas. En la Figura 1 se presenta el diagnostico MIO, en el cual se puede apreciar que el mayor avance se presenta en la innovación y en la viabilidad técnica. Se requiere de una mayor documentación que permita fortalecer estas áreas, con el fin de tener las evidencias necesarias, que permitan demostrar la propiedad intelectual del desarrollo. Los puntos a mejorar son la identificación de la viabilidad comercial y de mercado, ya que el avance en estas áreas es inferior al 50%.

CONCLUSIÓN

Entre tres alternativas el desarrollo de barras de fruta extruidas fue indentificado como el de mejores posibilidades de patentamiento, y se diagnosticaron los puntos a mejorar para incrementar su potencial de éxito en dicho proceso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Colciencias (programa Jóvenes investigadores-2013-617) y a la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales (programa Hermes código 21164) por la financiación de las actividades descritas en esta ponencia.

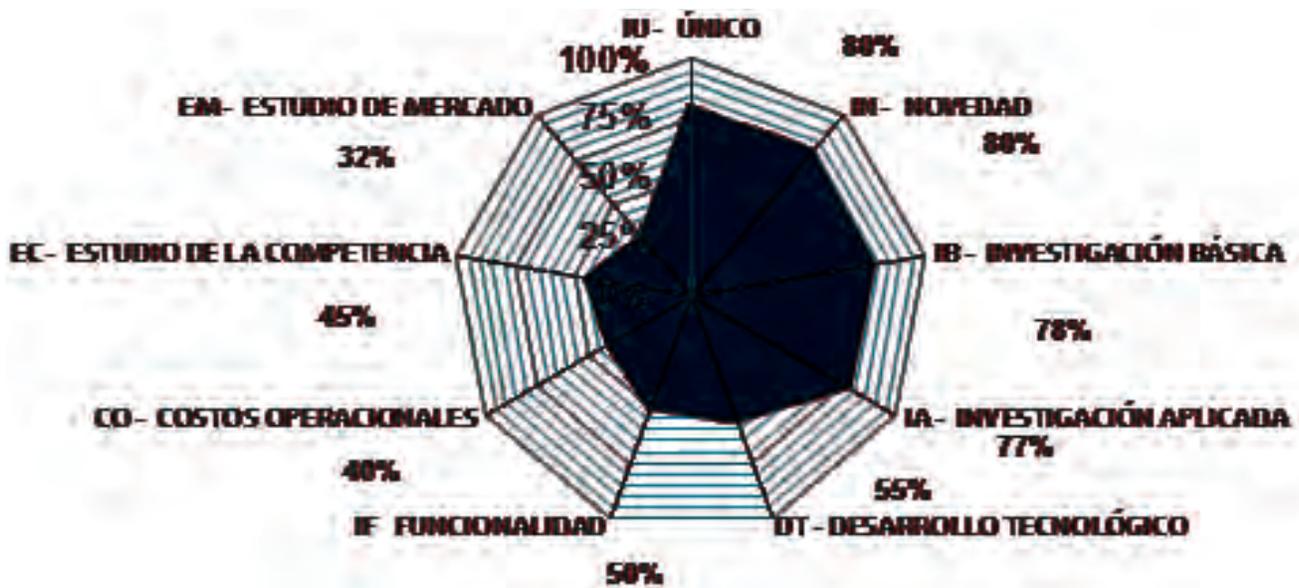


Figura 1. Diagnostico MIO para el desarrollos con mayor posibilidad de patentamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Harbi, K.M. A.-S. 2001. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management* 19(1), 19-27.
- González-Gélvez, D.M., y Jaime, A. 2013. El Patentamiento Universitario en Colombia. *Journal of technology management & innovation* (8), 233-245.
- Han, K., and Shin, J. 2013. Identification and Forecasting of Emerging Technology Commercialization by Reverse Salient. *Journal of Advanced Management Science*

1(3), 282-287.

- Hsieh, C.H. 2013. Patent value assessment and commercialization strategy. *Technological Forecasting and Social Change* 80(2), 307-319.
- Wang, L., Juan, Y.K., Wang, J., Li, K.M., and C. Ong. 2012. Fuzzy-QFD approach based decision support model for licensor selection. *Expert Systems with Applications* 39(1), 1484-1491.

Desarrollo de un Respirómetro para Productos Agrícolas

Development of a Respirometer for Agricultural Products

Karen J. Ortega¹, Carlos A. Vélez², Carlos A. Gómez³, Jaime Velasco⁴, Lisímaco Alonso A.

¹ Ingeniera de Alimentos, Grupo de Investigación en Ingeniería de Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Sede Meléndez. karen.ortegav@gmail.com

² Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Sede Meléndez. carlos.velez@correounivalle.edu.co

³ Ingeniero Electrónico, Grupo de Bionanotecnología, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad del Valle, Sede Meléndez. carlosgo515@gmail.com

⁴ Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad del Valle, Sede Meléndez. jaime.velasco@correounivalle.edu.co

Resumen. Este trabajo presenta el desarrollo de un respirómetro de medición directa. La atmósfera al interior de la cámara del respirómetro es monitoreada mediante sensores de O_2 , CO_2 , temperatura y humedad relativa, y es renovada con aire una vez alcance el tiempo, la humedad

relativa o la cantidad de CO_2 producida por el tejido del producto agrícola, parámetros que son especificados a través de una interfaz de usuario por computador. La precisión del sistema es determinada por la precisión de los sensores, y las mediciones pueden realizarse en min o en semanas.

Con el propósito de verificar el funcionamiento del equipo, se evaluaron los cambios en las tasas de respiración de bananos y raíces de yuca. Los resultados fueron consistentes con los reportados en la literatura científica.

Palabras Clave: Tasa de respiración, renovación de aire, dióxido de carbono, medición directa.

Abstract. This paper presents the development of a direct measurement Respirometer. The atmosphere inside the chamber of the respirometer is monitored by O₂, CO₂, temperature and humidity sensors, and it is refreshed with air after achieve the time, the relative humidity, or the amount of CO₂ produced by agricultural product tissue, parameters that are specified through a user interface by PC. The system accuracy is determined by the sensors accuracy, and the measurements can be done in min or over weeks. In order to verify the operation of equipment, changes in respiration rates of banana and cassava roots were assessed. The results were consistent with those reported in the scientific literature.

Key words: Respiration rate, air renovation, carbon dioxide, direct measuring.

INTRODUCCIÓN

Los productos agrícolas después de cosechados continúan sus actividades fisiológicas tales como la respiración (consumo de O₂ y emisión de CO₂) y la transpiración (producción de agua). El uso de un método directo para medir las tasas de respiración puede conducir a mejores sistemas de control de almacenamiento y una observación más cercana de las pérdidas de almacenamiento. (Fennir, 1997)

En la mayoría de los casos los estudios de respiración en productos agrícolas, ya sea trabajando en sistema cerrado, sistema dinámico o permeable, se extrae una muestra gaseosa del espacio de cabeza del recipiente donde se ubica el producto y se analiza su composición inyectándola en un cromatógrafo de gases o un analizador de gases infrarrojo (Fennir, 1997). Este proceso en varios pasos hace que sea muy laborioso, discontinuo, impreciso y costoso. (Fonseca *et al.*, 2002).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en este estudio se desarrolló un sistema de medición –directo, preciso y económico– de tasas de respiración, con renovación de aire, mediante sensores electrónicos de O₂ y CO₂.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de una versión inicial del respirómetro con características similares al reportado por Bower *et al.*, 1998, se

realizaron cambios fundamentales hasta obtener el equipo final. Durante su diseño y construcción fueron creados la interfaz de usuario y el protocolo para su funcionamiento. Posteriormente se realizaron pruebas de verificación y validación del equipo con bananos Gross Michel y raíces de yuca (HMC-1).

La concentración de O₂ fue medida utilizando un sensor KE-GS serie KE-25 (0-100%) tipo celda galvánica fabricado por Fígaro Engineering Inc., con una precisión de ±1% y calibrado desde la fábrica. La concentración de CO₂ fue medida con un sensor COZIR–Ultra baja potencia G0016 (0-100%) basado en tecnología infrarroja no dispersiva (NDIR), con una precisión de ±3% de la lectura realizada y calibrado por el fabricante a condiciones ambientales. También fue diseñada una cámara hermética en vidrio para la calibración del sensor de CO₂ (Figura 1), el cual fue calibrado a cero usando gas nitrógeno puro.

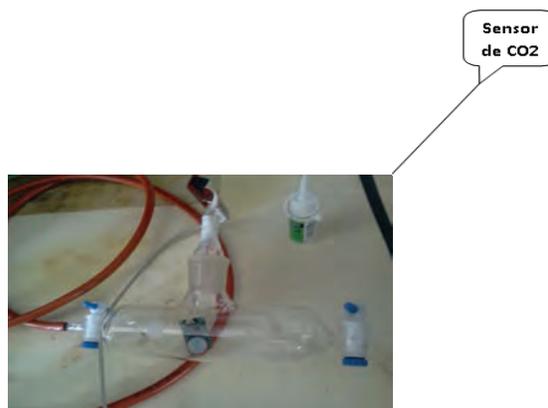


Figura 1. Dispositivo de calibración de sensores.

Evaluación de la tasa respiratoria. La tasa respiratoria fue evaluada a partir de la producción de CO₂, debido a que los cambios en la concentración de CO₂ son fáciles de detectar en el ambiente en corto tiempo en comparación con el O₂. Para ello, el peso del producto fue registrado antes de ser ingresado al respirómetro. La concentración de CO₂ producido al interior de la cámara del respirómetro fue registrada cada 5s durante 35min. La tasa de producción de CO₂ (ppmCO₂/h) fue obtenida de la pendiente del ajuste lineal realizado a la gráfica concentración de CO₂ versus tiempo. El volumen libre de la cámara del respirómetro fue estimado mediante la sustracción del volumen de las raíces ingresadas del volumen total de la cámara del respirómetro. Finalmente la tasa de respiración se estimó a partir de la ecuación 1.

$$\frac{\text{Tasa de producción de CO}_2 (\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}) \times \text{Volumen libre cámara (m}^3\text{)}}{\text{Peso (kg)}}$$

$$= \text{tasa de respiración (mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{)}$$

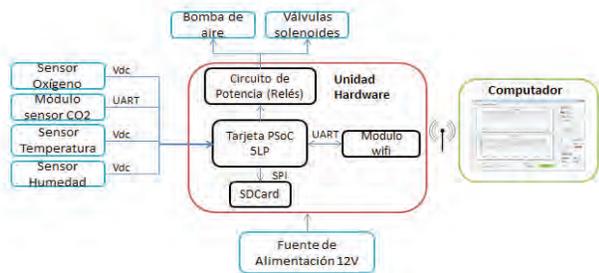


Figura 2. Diseño electrónico del respirómetro.

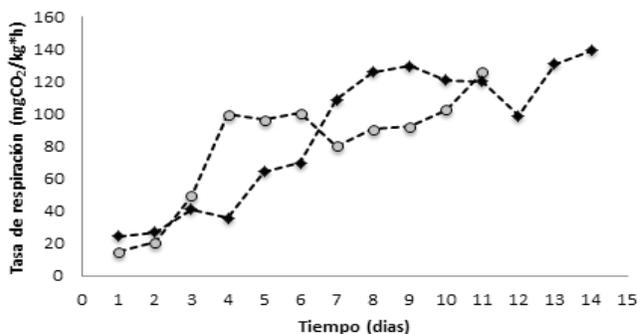


Figura 5. Curvas de respiración para banana (---) variedad Gross Michel durante 14 días y yuca (---) variedad HMC-1 durante 11 días a 23°C y 65% HR.

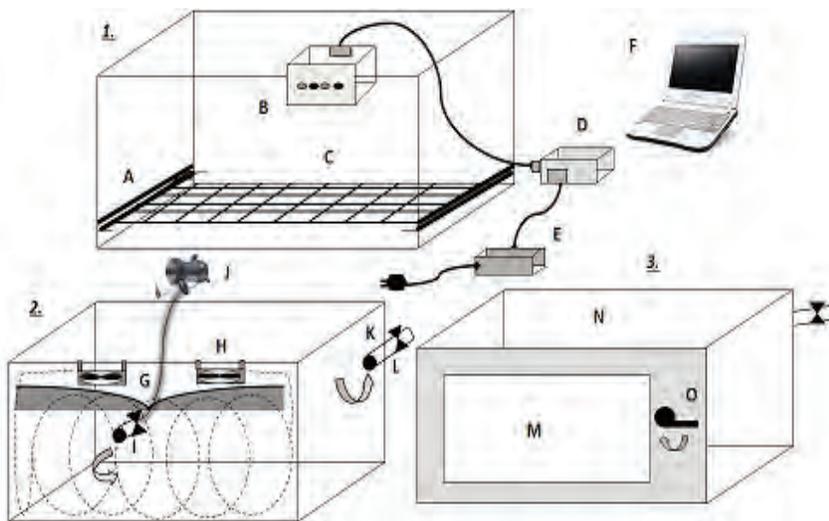


Figura 3. Diagrama de configuración del respirómetro. Parte 1.interna A. Rieles de rejilla, B. Caja de sensores, C. Rejilla producto, D. Sistema Electrónico de control, E. Fuente de energía, F. Computador. Parte 2.interna G. Deflectores de aire, H. Ventilador, I. Entrada de aire externo, J. Bomba de aire con manguera, K. Salida de aire interno, L. Válvula solenoide. Parte 3.externa M. Visor al interior, N. Cámara del respirómetro (30x45x55cm), O. Sistema de apertura del respirómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño del respirómetro con sus componentes electrónicos se muestra en la Figura 2. Las partes internas y externas del equipo pueden observarse en la Figura 3. En general el respirómetro consta de tres partes claramente diferenciadas, el respirómetro propiamente dicho, donde se realizan las pruebas biológicas, el sistema electrónico de control donde se transmiten las señales desde los sensores y el PC desde donde se controla el equipo a través de la interfaz de usuario. Esta interfaz permite establecer la frecuencia y tiempo de medición de los cambios en la concentración de gases al interior de la cámara, definir los parámetros del recambio de aire para el encendido automático de la bomba controlando una concentración de CO₂ y una humedad relativa interna máximas. Adicionalmente la interfaz permite el monitoreo en línea de las respuestas de todos los sensores y permite efectuar recambios de aire manualmente. La Figura 4 describe el funcionamiento del respirómetro.

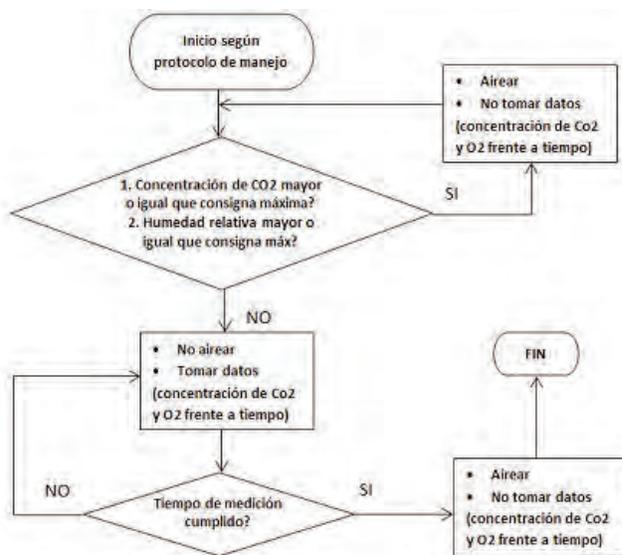


Figura 4. Diagrama de flujo básico del funcionamiento del respirómetro.

Verificación y validación del equipo. Pruebas de hermeticidad, efectividad del recambio y mezclado del aire interno fueron realizadas para asegurar la validez de las mediciones realizadas y el correcto funcionamiento del respirómetro. Se realizaron pruebas durante 11 a 14 días con banano y yuca cuyas curvas de respiración se muestran en la Figura 5.

Las tasas de respiración observadas en la Figura 5 para cada producto coinciden dentro del rango aquellas reportadas por Barreiro *et al.* (2006) para yuca entre 67-188mgCO₂/kg-h y para banano entre 70-350mgCO₂/kg-h a una temperatura entre 20 y 25°C. Además la curva de respiración para banano resultó ser muy similar a la reportada por Gane, 1936.

Figura 5. Curvas de respiración para banano (--) variedad Gross Michel durante 14 días y yuca (--) variedad HMC-1 durante 11 días a 23°C y 65% HR.

CONCLUSIÓN

Se desarrolló un respirómetro de medición directa y fácil uso para productos agrícolas en poscosecha. Las tasas de respiración evaluadas para banano y yuca coincidieron con resultados presentados en la literatura científica.

BIBLIOGRAFÍA

- Fennir, M. A. 1997. In-Situ Estimation of Respiration and Transpiration Rates of Stored Fruits and Vegetables, Master of Science, Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Montreal. 104p.
- Fonseca, S.C., F.A. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. "Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review," J. Food Eng. 52(2): 99-119.
- Bower, J., J. Jobling, B. Patterson and D. Ryan, 1998. A method for measuring the respiration rate and respiratory quotient of detached plant tissues," Postharvest Biol. Technol. 13(3): 263-270.
- Barreiro, J.A. y A.J. Sandoval. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas, Editorial Equinoccio, Caracas, 23-24p.
- Gane R., 1936. A Study of the Respiration of bananas. New Phytol. 35(5): 1-21.

Vigilancia Tecnológica como Herramienta para Orientar Investigación en Poligalacturonasas para Procesamiento de Frutas y Vegetales

Technological Surveillance as a Tool for Guidance Research Polygalacturonases Processing of Fruits and Vegetables

Ana María Bustamante Moreno¹; Catalina Giraldo-Estrada²; Magally Romero³; Arley Zapata⁴

- 1 Ingeniera Química, estudiante de maestría. Departamento de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT. Email: abusta12@eafit.edu.co
- 2 Msc. Ingeniera de Procesos, estudiante de doctorado, docente. Departamento de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT. Email: cgiraldo@eafit.edu.co
- 3 PhD. Bióloga, docente. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Email: mromerota@unal.edu.co
- 4 PhD. Ingeniero Químico, docente. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Email: adzapata@unal.edu.co

Resumen. Se realizó un estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VT&IC), el cual permitió identificar publicaciones, autores e instituciones que desde mediados de los noventa han trabajado en la producción y purificación de las poligalacturonasas (PG). Estasson enzimas pertenecientes al grupo de las pectinasas, las cuales tienen múltiples aplicaciones en la industria de alimentos, principalmente, en el procesamiento de frutas y vegetales. Varias opciones de producción microbiana

y secuencias de purificación se han confrontado mediante el planteamiento de los interrogantes: (1) ¿Qué se está haciendo en cuanto a la producción y purificación de PG en la actualidad a nivel nacional? (2) ¿Qué métodos de purificación de PG existen a nivel internacional? (3) ¿Quiénes y dónde tienen la información?. Para el desarrollo del estudio, se utilizaron bases de datos estructuradas para la búsqueda de información, que fue orientada por el concepto de investigadores de la Universidad Eafit y de la Universidad

Nacional de Colombia Sede Medellín. Los resultados obtenidos hasta ahora, permiten orientar la investigación en producción y purificación de PG, para la toma de decisiones más racionales y fundamentadas sobre la elección de las tecnologías utilizadas.

Palabras clave: Producción, purificación, pectinasas.

Abstract. *A Technological Surveillance and Competitive Intelligence (TS&CI) study was conducted in order to identify publications, authors and institutions which since middle 90's have been working in production and purification of the polygalacturonases (PG). These are pectinases enzymes which have several applications in food industry, mainly in the fruits and vegetable processing. Several options of microbial production and purifications sequences have been evaluated through of the following questions: (1) What is being done about the production and purification of PG currently at national level? (2) What do purification methods exist at international level? (3) Where is the information and who has it? With the purpose of developing this study, structured data basis have been used in order to access to the information. This process has been conducted by Eafit University and Universidad Nacional de Colombia - Medellín researchers. The obtained results so far, allow the guidance of the investigation in production and purification of PG to take the rational and structured decisions about the election of the technologies used.*

Key words: Production, purification, pectinases.

INTRODUCCIÓN

Las pectinasas son enzimas importantes en el procesamiento de productos agrícolas (Ribeiro, *et al.*, 2010). En la industria de alimentos para incrementar la eficiencia de procesos extractivos, mejora de sabor, clarificación de jugos y degradación de la pectina, que es un polisacárido de estructura compleja presente en los tejidos vegetales (Arotupin *et al.*, 2012) y responsable de propiedades coloidales, alta viscosidad y turbidez. Las poligalacturonasas (PG) se encargan de promover la ruptura de la molécula de pectina mediante una hidrólisis de la cadena principal de poligalacturonano (Yadav *et al.*, 2012).

Por otra parte, la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VT&IC) son consideradas herramientas estratégicas que permiten sistemáticamente la captación y análisis de información para convertirla en conocimiento, facilitar la toma de decisiones en un determinado ámbito y anticiparse a cambios que presenta el macro ambiente de un tema específico (Ramírez *et al.*, 2012), buscando hacer más competitivas a las organizaciones (Solleiro *et al.*, 2009). De ahí la importancia de aplicar esta metodología como apoyo en la orientación de las investigaciones, de tal manera que se proporcione un panorama claro en el tema de interés y propenda por soluciones pertinentes al entorno local. Es por esto que este trabajo presenta

los resultados de un estudio de VT&IC aplicado a la producción y purificación de PG, con información secundaria estructurada y no estructurada como referente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del ejercicio de VT&IC se aplicó la metodología de Sánchez y Palop (2002) Se definieron los Factores Críticos de Vigilancia: (1) ¿Qué se está haciendo en cuanto a la producción y purificación de PG en la actualidad a nivel nacional? (2) ¿Qué métodos de purificación de PG existen a nivel internacional? (3) ¿Quiénes y dónde tienen la información? .Posteriormente, la información fue obtenida a partir de bases de datos estructuradas (Scopus®, Web of Science® y DerwentInnovationsIndexSM®) y de información no estructurada de páginas web de universidades o empresas productoras de pectinasas. De forma paralela, se implementó la inteligencia competitiva a través del concepto de investigadores del Grupo de Investigación de Ciencias Biológicas y Bioprocesos (Cibiop) de la Universidad Eafit y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, depurando y visualizando la información y analizando los resultados. Se configuraron ecuaciones refinadas para la búsqueda en las bases de datos, transformando la información con la aplicación del software Vantage Point®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La búsqueda del tema de producción y purificación en bases de datos estructuradas arrojó 108 resultados. En la Figura 1A, se presenta una tendencia con la mayor producción científica en los últimos diez años, lo que podría indicar, que la tecnología se está consolidando, aun no se encuentre madura y representa oportunidades a nivel de investigación y afianzamiento del mercado.

A nivel general, la producción científica alrededor del tema se evidenció con mayor intensidad en India y Brasil (Figura 1B), mientras que Colombia no aparece en el análisis. Por otra parte, a nivel comercial, se consultó la base de datos de Comercio Exterior BACEX®, en cuanto a exportaciones mundiales de preparaciones enzimáticas en el 2012 y se encontró a Dinamarca con el 23,1% del total de exportaciones y Estados Unidos con la mayor participación en las importaciones mundiales con el 16,1%. Las importaciones de Colombia representan 0,56% de las importaciones mundiales equivalentes a 2567 toneladas/año. Tomando en cuenta esta información, la tendencia creciente en el estudio del tema en los últimos años (Figura 1A) y el que no se hayan encontrado publicaciones en Colombia (Figura 1B), se puede decir que la investigación en la producción y caracterización de PG constituye una oportunidad interesante para los grupos de investigación y para el país.

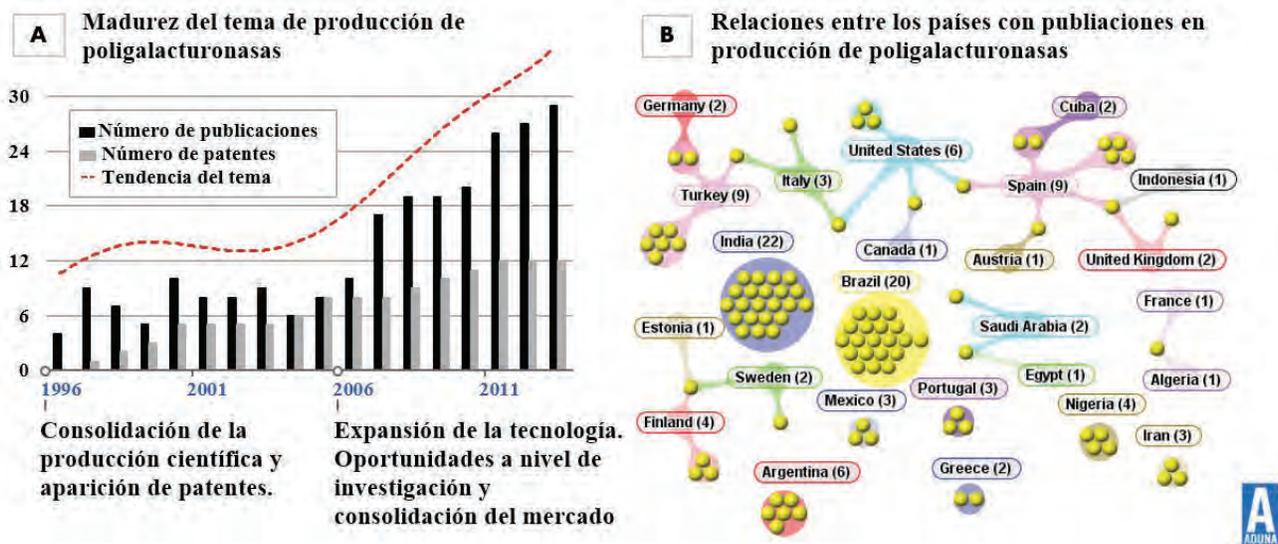


Figura 1. Determinación de la madurez del tema de producción de poligalacturonasas a partir de la construcción de curvas en “S” (A) y relaciones entre los países que han publicado en el tema en los últimos veinte años (B).

CONCLUSIÓN

Se identificaron los países, autores y afiliaciones líderes en producción científica y patentes, que sirven como referentes principales en lo que se está haciendo en el mundo sobre el tema y se detectaron en el contexto nacional, las entidades o empresas que se convierten en potenciales usuarios de la investigación que se desarrolla en la actualidad. Además, en Colombia, representaría una oportunidad de desarrollo de procesos para generar conocimiento.

Los resultados de purificación permitieron identificar el uso de diferentes tecnologías, evidenciando con mayor intensidad los métodos de cromatografía y precipitación con sulfato de amonio como primera etapa de separación, lo que facilita la toma de decisiones en la elección de las tecnologías, en pro de la obtención de un resultado eficaz y la optimización de recursos.

Por último, es necesario reconocer que la VT&IC seguramente no darán respuesta a la totalidad de interrogantes referidos al tema, pero disminuye los factores de riesgo, lo que configura la necesidad de que este tipo de ejercicios se realicen de forma continuada y no como estudios aislados, con el objeto de orientar las investigaciones, generar nuevo conocimiento y hacer explotaciones comerciales en la industria de alimentos y bebidas.

BIBLIOGRAFIA

- Arotupin, D., F. Akinyosoye and A. Onifade. 2012. Purification, characterization and application of polygalacturonase from *Aspergillus niger* CSTRF. *Malaysian Journal of Microbiology* 8(3): 175-183.
- Ramírez, M., D. Escobar and Arango, B., 2012. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. *Revista GPT Gestión de las Personas y Tecnología*: 13(1): 149-153.
- Ribeiro, D., M. Henrique, L. Oliveira, G. Macedo and L.Fleuri. 2010. Enzymes in juiceprocessing: a review. *International Journal of FoodScience and Technology* 45(1): 635-641.
- Sánchez, M y F. Palop. 2002. Herramientas de software para la práctica de la Inteligencia Competitiva en la empresaTríz XXI. Primera Edición. Valencia, España. 19 p.
- Solleiro, J., R. Castañón y J. Castillo. 2009. El estado del arte de la inteligencia tecnológica competitiva: tendencias y perspectivas.p.1-16.En:MemoriasIVCongresoInternacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad: Hacia la Inteligencia Competitiva.Guanajuato.
- Yadav, S., G. Anand, A. Dubey and D. Yadav. 2012. Purification and characterization of anexo-polygalacturonasesecreted by *Rhizopusoryzae* MTCC 1987 and its role in retting of *Crotalariajuncea* fibre. *Biologia. SectionCellular and Molecular Biology* 67(6): 1069-1074.

Vigilancia Tecnológica en Secado de Frutas y Verduras Empleando Microondas

Technologic Scanning In Dried Fruits And Vegetables Using Microwave

Kelly A. Bermúdez P.*; J.C. Gómez-Daza¹ y F. Machuca

1. Profesor Universidad del Valle, GIPAB

* autor de correspondencia: andrea.bermudez@correounivalle.edu.co

Resumen. Se exponen las características de la vigilancia tecnológica aplicada al secado de frutas y verduras utilizando microondas, presentando los principales resultados de este ejercicio, evaluando sus dinámicas a través del tiempo, estableciendo áreas tecnológicas emergentes, así como países e instituciones líderes en esta tecnología, que permiten determinar el estado actual de la investigación y el desarrollo tecnológico a nivel mundial.

Palabras clave: Tecnología de microondas, frutas, secado de alimentos, secado asistido por microondas, verduras, secado por microondas.

Abstract. The characteristics of technological scanning applied to the drying of fruits and vegetables using microwave was exposed, presenting the main results of this exercise, assessing their dynamics over time, establishing emerging technology areas, countries and institutions as well as leaders in this technology for determining the current state of research and technological development worldwide. **Keywords:** Microwave technology, Fruits, Dried food, MW-related drying, MW-related drying, Vegetables, Microwave drying

Key words: Microwave technology, fruits, dried food, mw-related drying, vegetables, microwave drying.

INTRODUCCIÓN

El secado por microondas ha ganado popularidad como un método alternativo de secado para una amplia variedad de productos alimenticios y agrícolas. La industria alimentaria es ahora un usuario importante de energía de microondas, sustituyendo el secado convencional (Figiel, 2010). Este fenómeno obliga a los investigadores y a la industria a tomar decisiones para adaptarse al entorno, es imprescindible contar con enfoques y herramientas que permitan crear estrategias para anticiparse a los cambios que se presentan y a aprovechar mejor las oportunidades. En este sentido la vigilancia tecnológica surge como una herramienta que permite, a través de un proceso sistemático, captar, analizar y difundir información de diversa índole, con el

ánimo de identificar y anticipar oportunidades o riesgos, para mejorar la formulación y ejecución de la estrategia de las organizaciones (Sánchez-Torres, 2005). El objetivo de este trabajo es identificar los escenarios de aplicación del secado de alimentos por microondas, implementando la herramienta de ciencimetría Vantage Point para analizar la búsqueda de artículos del proceso especificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificar las tendencias y capacidades de investigación a nivel mundial en secado de frutas y verduras utilizando microondas, por medio de las siguientes fases:

Planeación (¿qué se quiere vigilar?). Proceso de selección del tema de estudio.

Preparación y búsqueda en bases de datos. Tendencia de investigación, selección de fuentes de información (base de datos), palabras clave y/o ecuaciones de búsqueda depuradas.

Depuración, convalidación y procesamiento de registros y análisis de resultados. Utilizando el software Vantage Point.

Conclusiones y/o recomendaciones. (Guaiteiro-Díaz, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan tres periodos en la evolución de la investigación (Figura 1). El primer período se concentró en la décadas de los 50 y los 60 contando con sólo 5 publicaciones. Hubo ausencia de publicaciones en el tema por un período de 17 años, ya que la tecnología de secado ha evolucionado en lo referente al proceso y al consumo de energía. A partir de los 90 hasta la actualidad, el tema de secado por microondas presentó una maduración y consolidación en la dinámica de publicación, esto demuestra por qué es considerado un desarrollo tecnológico de cuarta generación, además es un tema que está llamando la atención de distintos grupos

de investigación a nivel mundial, al brindar una visión positiva referente a los beneficios económicos que se pueden obtener en aplicación industrial.

En la línea de tiempo correspondiente al año de publicación (Figura 2), se puede corroborar que el eje central de esta investigación: secado por microondas, es un tema nuevo pues aparece en el año 1996. En general las temáticas de investigación se han mantenido desde su aparición hasta el año 2010. Se destaca la participación de un nuevo concepto, el cual es uno de los temas más recientes que surge desde el año 1994, es el secado por microondas al vacío, que direcciona el tema central "secado por microondas" a una nueva sublínea de investigación.

En la Figura 3 se evidencia cooperación para la investigación en los países con mayor número de publicaciones, aunque de este grupo Turquía e India son los que tienen menos trabajos conjuntos realizados, Estados Unidos y China son los países que publican conjuntamente con más países colaboradores.

CONCLUSIÓN

La Vigilancia Tecnológica permite explorar fenómenos que están ocurriendo e identificar aquellas tendencias a nivel mundial que pueden incidir o convertirse en hechos portadores del futuro. El sector de alimentos, específicamente el área de secado de frutas y verduras empleando microondas, presenta dinámicas importantes en el ámbito mundial, las cuales se traducen en un número

significativo de publicaciones registradas, esto se debe a que el secado por microondas resulta ser una tecnología competitiva al aumentar el rendimiento del producto mejorando su calidad. Los resultados del ejercicio de Vigilancia Tecnológica en esta temática, permiten formular bases estratégicas para el direccionamiento del estudio más profundo de esta nueva tecnología, así como destinar recursos que generen desarrollos innovadores para la industria de alimentos en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- Figiel A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*. 98(4): 461–470.
- Sánchez-Torres, J. M. 2005. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva como proceso sistemático de gestión de la información y la innovación. *Portafolio Innovación y Desarrollo Empresarial: Información poder de la innovación*.
- Gaitero-Díaz, B. 2011. Vigilancia tecnológica como metodología para el direccionamiento estratégico de la investigación: caso cadena de ají en Colombia. En: *Memorias. VI Congreso Internacional de Sistemas de innovación para la Competitividad SINCO*. Guanajuato, México.

Vigilancia Tecnológica en Procesos de Investigación de Empaques Semirrígidos Biodegradables a Partir de Yuca Y Fique

Technology Scanning to Improve the Process Research of the Semi Biodegradable Packaging from Cassava and Fique

Heydy Belsy Pabon Ortiz¹; José Luis Hoyos² y Héctor Samuel Villada³

- 1 Gerente. Inteligentemente. Asesora Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca CREPIC. Calle 7Nro 4-36 tercer piso. Popayán, Colombia < heydpabon@crepic.org.co >
- 2 Profesor titular. Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. < jlhoyos@unicauca.edu.co >
- 3 Profesor titular. Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. villada@unicauca.edu.co

Resumen. El presente artículo describe como el desarrollo de ejercicios de vigilancia tecnológica aportan al el proceso de consolidación de la oferta tecnológica de un prototipo de empaque semirrígido biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique contribuyendo a que el grupo de

investigación *Cytbia* adscrito a la Universidad del Cauca, cuente permanentemente con información que le permita avanzar y continuar liderando las investigaciones para el desarrollo de contenedores semirrígidos biodegradables a partir de harina de yuca y fibra de fique.

Palabras clave: Vigilancia tecnológica, contenedores semirrígidos, empaques biodegradables/biocompostables.

Abstract. This article describes the development of Technology Scanning and how it contributes to the consolidation of the technology offer related to a semi-rigid biodegradable packaging prototype from cassava flour and sisal fiber. This monitoring system promotes the research group CYTBIA - Universidad of Cauca, counting information permanently enabling it to continue to lead the research and development of biodegradable rigid containers from cassava flour and sisal fiber.

Key words: Technological vigilance, semi-rigid containers, biodegradable/biocompostable packaging.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación consolidación de la oferta tecnológica de un prototipo de empaque semirrígido biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique (2013-2014), financiado por Colciencias involucra directamente a los actores representantes de cada eslabón de la agrocadena de la yuca, una de las cadenas más representativas en el departamento del Cauca y fue concebido para realizar el ajuste de un prototipo de empaque biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique y consolidar su oferta tecnológica. Como complemento se propusieron ejercicios de vigilancia tecnológica que permitieran monitorear universidades, grupos de investigación y centros de desarrollo tecnológico que al igual que Cytbia tuvieran solicitudes de patentes o patentes registradas y así identificar, las nuevas variantes de investigación en tecnologías relacionadas y posibles aliados estratégicos.

Como tal la Vigilancia Tecnológica (VT) es una disciplinas poco desarrolladas entre los grupos de investigación de la Universidad del Cauca, esta pretenden detectar de forma temprana información sobre las tecnologías, relacionadas o

referentes para una vez procesada lograr que esta información esté disponible de manera oportuna para direccionar los procesos de investigación. Los reportes de vigilancia tecnológica son una herramienta de vital para el interés del grupo de investigación CITBYA, con los cuales obtiene información estratégica que le permite identificar mercados emergentes, clientes potenciales para la tecnología, estrategias y mejores prácticas de I+D (innovación + desarrollo) que contribuyan de forma efectiva en la identificación de nuevos socios y aliados estratégicos al monitorear redes, centros de investigación y desarrollo tecnológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de establecer la manera de realizar acciones de vigilancia Tecnológica como una labor sistemática y organizada de observación, captación, análisis, difusión y recuperación de información, se ha definido un modelo lógico conceptual, acogiendo la propuesta de Ashton and Stacey (1995) que se relaciona en la Figura 1.

Las herramientas utilizadas para toma de información primaria son: árbol de temas clave, mapas de actores, mapas de fuentes y taxonomía

Para apoyar y optimizar los procesos de búsqueda, se escogieron las herramientas tecnológicas y aplicaciones que apoyaron la automatización de los resultados entre ellos se encuentran: Matheo Patent, Matheo web, Patent Inspiration, Spacenet

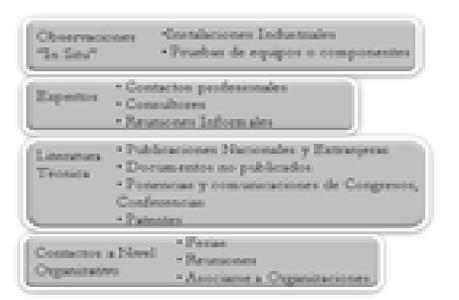


Figura 1. Principales Fuentes de Información Tecnológica.

Fuente: Ashton and Stacey, 1995

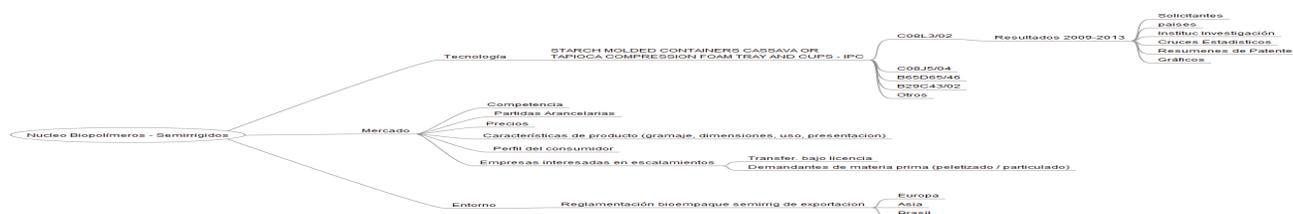


Figura 2. Árbol de temas claves.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ejercicios de vigilancia tecnológica durante el proceso de investigación contribuyeron a identificar tecnologías protegidas (patentes) líderes en la generación de biopolímeros moldeados a nivel mundial, que a futuro pueden servir para facilitar procesos de transferencia tecnológica, ingeniería inversa o a través de desarrollos propios que permitan reducir brechas. Así mismo, con el Mapeo de actores representativos del sector: Fuentes de información y de conocimiento, el sector empresarial, Instituciones de apoyo, universidades y centros de I+D y eventos relevantes del sector es posible obtener información y establecer contacto con instituciones de investigación y empresas para generar redes o asociaciones de cooperación y transferencia de tecnología y conocimiento.

Los monitoreos mundiales con la patente guía: con la ecuación: “biodegradable packaging obtained from cassava flour and fique fiber and their manufacture process”, registrada por el grupo de investigación CYTBIA, permitieron encontrar los países que más registran patentes de tecnologías similares a la de contenedores semirrígidos a partir de yuca buscando por IPC, siendo: Estados Unidos: 595 patentes, Japón 219, Alemania:201, Francia: 196, Italia:89, Holanda:77, Reino Unido:76, Suiza: 62, Australia:47, Austria: 32, Colombia:1, México 1.

Las ecuaciones de búsqueda de contenedores semirrígidos por palabra clave (starch OR (flour AND cassava)) AND

((Molded AND Containers) OR (compression AND foam) OR (Tray AND cups AND pots)) arrojan solicitudes de protección principalmente en corea: 73 patentes, Japón 25 patentes, Estados Unidos:15, China:11, Alemania: 5, Suiza 2, Israel: 2, Canadá: 2, Malasya: 2, Taiwan 2, Nueva Zelanda:1 y Russia 1.

En la revisión de IPC por Latinoamérica, se encontraron que las únicas solicitudes de patentes registradas por Colombia para esta tecnología son las del grupo de Investigación CYTBIA, en México se encontraron 2 patentes, en Brasil 4 y en Argentina 5 sin embargo la mayoría se refieren a películas flexibles y solo una la del grupo de investigación CITBYA se refiere a contenedores semirrígidos.

CONCLUSIONES

Los ejercicios de vigilancia tecnológica se convierten en una práctica útil y determinante en el proceso de investigación como CITBYA que ya cuenta con dos patentes registradas y requiere realizar de manera coordinada y continua ejercicios de monitoreo de patentes que posibiliten el desarrollo de competencias en el ámbito de la innovación para este grupo de investigación.

Respecto al proceso de vigilancia tecnológica de producción de empaques semirrígidos, la patente registrada por el grupo de investigación CYTBIA sigue liderando en el ámbito mundial de investigación ya que las patentes similares registradas están basadas en almidón y no en harina de yuca.

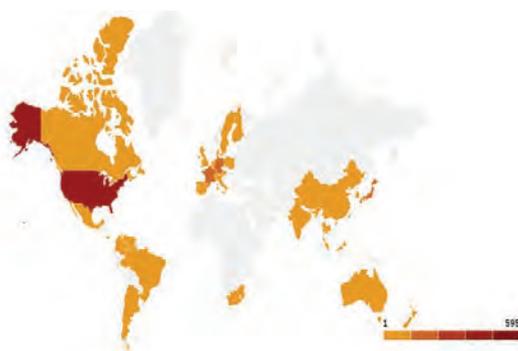


Figura 3. Principales países solicitantes e Identificación de dominios de acuerdo a los resultados de la búsqueda mundial por IPC. PatentInspiration.

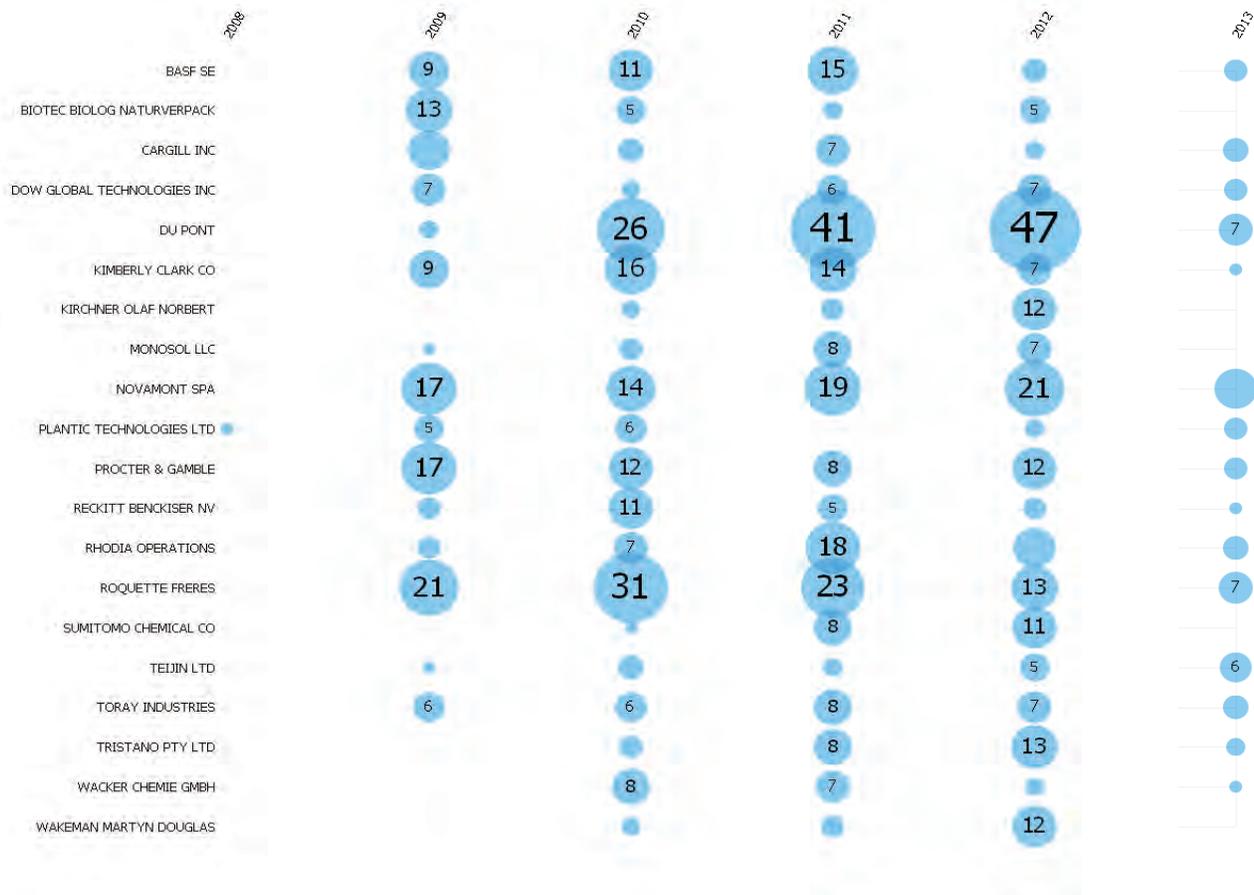


Figura 4. Principales solicitantes de acuerdo a los resultados de la búsqueda mundial por IPC en el tiempo. PatentInspiration.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación, a la Universidad del Cauca, el CREPIC y la Empresa de Vigilancia Tecnológica InteligenteMente por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

Ashton, W. and G. Stacey. 1995. Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunities. *International Journal of Technology Management*. 10(1):.32, 81.

Escorsa, P y R. Maspons. 2001. De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva. Prentice Hall, Madrid.

Salles, M. 2006. Decision making in SMEs and information requirements for competitive intelligence. *Production Planning and Control*. 17(3): 229–237.

Palop, F. y J.M. Vicente. 1999. Vigilancia tecnológica e Inteligencia Competitiva. Fundación COTEC para la innovación tecnológica. España. pp: 24, 34-37, 43, 56-60, 65-76 y 94.

Validación de Métodos Normalizados Para Evaluar Algunos Parámetros de Calidad de Mieles e Hidromieles

Validation of Standardized Methods for Some Parameters of Honey and Mead Products Evaluation

Luis Alejandro Palacios¹; William Isidro Mora¹; Mario Alejandro Dávila¹; Martha Cuenca¹; Amaury Blanco¹

¹ Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá – Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Ciudad Universitaria, Ed. 500C, Bogotá, Colombia. lalpalacios@unal.edu.co

Resumen. Se llevó a cabo la validación de los métodos para la evaluación de la concentración de azúcar, acidez total y grado alcohólico bajo los parámetros de linealidad, exactitud, precisión y aplicabilidad a miel e hidromiel. Para tal fin, se prepararon muestras representativas de estas matrices dentro de los límites permisibles por la normatividad colombiana, validando linealidad y exactitud durante 4 días y repetibilidad con la medición simultánea de 10 réplicas en el punto intermedio del rango de trabajo de cada parámetro. Se validaron los métodos trabajados para la determinación de concentración de azúcar, grado alcohólico y acidez total.

Palabras clave: Miel, hidromiel, acidez, °Brix, grado alcohólico.

Abstract. The validation of methods for the assessment of sugar concentration, total acidity and alcohol content by using parameters of linearity, accuracy, precision, and, honey and mead applicability was carried out. There were prepared representative samples of these matrices taking into account permissible limits of Colombian regulation, validating linearity and accuracy for 4 days and repeatability with the simultaneous measurement of 10 replicates at the midpoint of the operating range of each parameter. These methods were validated for determining sugar concentration, alcohol content and total acidity.

Key words: Honey, mead, acidity, °Brix, alcohol content.

INTRODUCCIÓN.

El hidromiel es una bebida alcohólica tradicional, que se obtiene mediante la fermentación alcohólica de miel diluida con agua. A pesar de su antigüedad, su producción aún hoy en día es artesanal, es por esto se deben tener metodologías que permitan hacer seguimiento al proceso y garantizar la calidad del producto final que sean confiables y arrojen resultados correctos, y que además sean simples de implementar para ayudar al apicultor (Ramalhosa *et al.*, 2011) which contribute to its biological activity. However, honey is currently being sold at low prices, making it imperative to find alternatives to make apiculture a viable national enterprise. One of these

alternatives could be mead production. Despite the excellent properties of honey, mead production faces several problems, namely, delays and "pouts" fermentations, lack of product uniformity, and production of yeast off-flavors. Many factors might be related with these problems, such as honey variety, temperature, medium composition (vitamin and nitrogen content). Es por ello, que surge la necesidad de validar los métodos que actualmente se utilizan para tal fin. La validación de un método analítico es un paso fundamental para asegurar que los resultados entregados por dicho método son confiables (Instituto de Salud Pública, 2010). Cuando se realiza la validación de un método por parte de un laboratorio, se busca determinar que el método es adecuado e idóneo para los fines previstos sobre las matrices en las cuales se desea utilizar de acuerdo con un fundamento estadístico. En el presente trabajo, se busca validar los métodos para la determinación de sólidos solubles y acidez total en miel e hidromiel, así como el grado alcohólico en hidromiel.

MATERIALES Y MÉTODOS

La validación se llevó a cabo realizando la determinación respectiva para cada muestra a diario durante 4 días, con la medición simultánea (mismo día) de puntos intermedios con 10 réplicas dentro del intervalo de trabajo establecido.

Evaluación por refractometría de la concentración de azúcar. Se llevó a cabo de acuerdo con el *Método OIV-MA-AS2-02* (International Organisation of Vine and Wine, 2012) . Se utilizaron refractómetros portables SinoTech Ref RSG-100/ATC (0 a 32 °Brix) y RHB-90ATC (58 a 90 °Brix). Se prepararon soluciones de D-fructosa (98% Sigma-Aldrich) de 10, 15, 20 y 25 °Brix para el hidromiel (Blanco *et al.*, 2012), y soluciones de 60, 70 y 80 °Brix para la miel (Benítez *et al.*, 2005).

Acidez total – Método rápido aproximado. Se llevó a cabo de acuerdo con lo reportado por García, 1990. Se utilizó una solución de hidróxido de sodio (98% Panreac) 0,1 M. Se prepararon soluciones de ácido tartárico (99,9% JT Baker) dentro del intervalo de acidez total permitida en bebidas alcohólicas tipo vino según NTC 708 de 3,5; 6,0 y 10.0 g/L de ácido tartárico, y dentro del

intervalo de acidez total permitida en mieles según Resolución 1057 de 2010 del Ministerio de la Protección Social de 20, 35 y 50 meq/1000 g de ácido.

Determinación del grado alcohólico por densidad. Se realizó de acuerdo con el Método OIV-MA-AS312-01: R2009. No se removió el dióxido de carbono que pudiese estar disuelto en la muestra ni se neutralizó previa a la destilación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se puede observar que los métodos para el seguimiento y control de la calidad de hidromiel son lineales dentro del rango de trabajo que se requiere, para garantizar que el producto cumple con lo establecido en la NTC 708 (ICONTEC, 2000), ya que presentan coeficientes de correlación iguales o mayores a 0.999.

Tabla 1. Evaluación de la linealidad de los métodos a validar.

Parámetro	Ecuación	Rango	R ²	Criterio de aceptación
Azúcares hidromiel	$Y = 1,000X + 0,015$	0,0 – 25,0 (°Brix)	0,999	$\geq 0,999$
Azúcares miel	$Y = 1,003X - 0,281$	60,0 – 80,0 (°Brix)	0,999	$\geq 0,999$
Acidez total	$Y = 0,995X + 0,031$	0,0 - 10,0 (g / L)	0,999	$\geq 0,999$
Grado alcohólico	$Y = 0,974X + 0,002$	0,0 - 14,0 (% v/v)	0,999	$\geq 0,999$

En las Tablas 2 y 3 se presenta la exactitud de los métodos a partir de la veracidad y la precisión, respectivamente. Los métodos se encuentran dentro de los valores de aceptación, por lo que se puede decir que además de ser lineales, son exactos y su uso es apropiado dentro del ámbito apícola para la producción de hidromiel.

Tabla 2. Evaluación de la veracidad de los métodos a validar

Parámetro	Lectura	Sesgo ($X - \bar{X}_A$)	t - student	Criterio de aceptación
Azúcares hidromiel	20,0	0,2	0,100	$\leq 2,262$
Azúcares miel	69,93	0,075	0,196	$\leq 2,262$
Acidez total miel	2,69	0,067	0,590	$\leq 2,262$
Acidez total hidromiel	6,16	0,159	0,930	$\leq 2,262$
Grado alcohólico	11,78	0,217	0,480	$\leq 2,262$

Tabla 3. Evaluación de la precisión en condiciones de repetitividad de los métodos a validar.

Parámetro	Nivel / Concentración	Desviación estándar	CV %	Criterio de aceptación
Azúcares hidromiel	20 °Brix	0,0632	0,316%	$\leq 5,096 \%$
Azúcares miel	70 °Brix	0,1207	0,173%	$\leq 4,221 \%$
Acidez total miel	35 meq / 1000 g	0,0360	1,336%	$\leq 6,918 \%$
Acidez total hidromiel	6,0 g / L	0,0541	0,879%	$\leq 6,109 \%$
Grado alcohólico	12,0 % v/v	0,1425	0,012%	$\leq 5,504 \%$

CONCLUSIÓN

Los métodos para determinar la concentración de azúcar y la acidez total, tanto en la miel como en el hidromiel, y el método para determinar el grado alcohólico del hidromiel son aplicables debido a que cumplen con los parámetros de validación evaluados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, R.; A., Tandioy y P. Astaiza. 2005. Comparación del contenido de azúcares entre la miel natural y la miel express lechedesoya (Glycinemax). Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial ISSN-1909-9959, 75 - 78.
- Blanco, A.; M. Quicazán y M. Cuenca. 2012. Efecto de algunas fuentes de nitrógeno en la fermentación alcohólica de miel. Vitae 19 (Supl. 1): S234 - S236.
- García, J. 1990. Técnicas analíticas para vinos. Primera edición. GAB, Barcelona. pp 1.11. ICONTEC. 2000. NTC 708: Bebidas alcohólicas, vinos de frutas. Quinta actualización, Bogotá. 6 p.
- Instituto de Salud Pública de Chile. 2010. Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: "Aspectos generales sobre la validación de métodos". Santiago. 67 p.
- Ministerio de la Protección Social. 2010. Resolución Número 1057.
- Ramalhosa, E.; T. Gomes; A.P. Pereira; T. Dias and L.M. Estevinho. 2011. Mead production tradition versus modernity. Advances in food and nutrition research (1st ed., Vol. 63, pp. 101–18). Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-384927-4.00004-X
- International Organisation of Vine and Wine. 2012. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Vol. I. -París.



Evaluación Sensorial y Consumidores



CONTENIDO DE ARTÍCULOS CORTOS

Análisis del Agronegocio de la Cadena Productiva de Lácteos <i>Mónica María Simanca Sotelo, Luz Alexandra Montoya Restrepo</i>	1135
Aceptación Sensorial de Semillas del Arbol de Pepepan (<i>Artocarpus camansi Blanco</i>), Cultivado en Tumaco - Nariño <i>Ángela María Triviño Arévalo. Nívea Cristina Garzón Gómez</i>	1139
Influencia de la franjas altitudinales en la calidad sensorial de los licores obtenidos de granos de cacao clones CCN 51, ICS 60 e ICS 95. <i>Lucas Fernando Quintana Fuentes; Salomón Gómez Castelblanco</i>	1141
Evaluación Sensorial en Productos Innovativos, Obtenidos de Subproductos de Arroz, Utilizando una Metodología de Extrusión <i>Salinas, Ruth; Almendares, Laura; Grossi, Mauricio; Huillipan, Claudia; Ramírez, Carla</i>	1144
Evaluación de las Características Sensoriales en Caramelos Blandos con Inclusión de Miel de Abejas <i>Darwin Rodríguez Medina; Carlos Novoa Castro; Consuelo Díaz Moreno</i>	1146
Optimización del Proceso Postcosecha del Cacao “chuncho” Peruano para el Mejoramiento de la Calidad Organoléptica del Licor de Cacao <i>David Condori; Edgard Asencios; Luis García; Candy Ruiz; Yessenia Saavedra; Rosario Rojas</i>	1149
Evaluación Sensorial de Salchichón Adicionado con 3 tipos de Almidones Arraccha (<i>arracacia xanthorrhiza</i>), Maífa (<i>xanthosoma sagittifolium</i>) y Yuca (<i>manihot esculenta</i>). <i>Juan Carlos Lucas Aguirre; Henry Reyes Pineda, Víctor Dumar Quintero Castaño</i>	1151
Caracterización Sensorial de Maíz Blanco Zea mays L y su Producto Final, Arepa Tipo Antioqueña <i>Martínez A OL, Ardila C M P, García B Y</i>	1153
Caracterización de Raíces Amarillas de Yuca en Términos de Deterioro Fisiológica Pos Cosecha <i>Jorge L. Luna M, Teresa Sanchez., Moralba Dominguez G., Nelson Morante., Luis A. Becerra L. L., Dominique Dufour</i>	1156
Evaluación Sensorial de dos Matrices Alimentarias Formuladas con Harina de Cáscaras de Naranja en Diferentes Tamaños de Partícula y Porcentaje de Adición. <i>ISAZA Stephanie; MEJIA Paulina; MEJIA Andrea; LEGUIZAMO Steffany</i>	1159
Evaluación Mediante Nariz Electrónica de Miel Producidas en Cultivos de Café en Colombia <i>Ana Ruby Correa Mosquera; Carlos Mario Zuluaga-Domínguez; Andrea Nieto Veloza</i>	1162
Evaluación de la Aptitud para Consumo en Fresco de los Genotipos de Uchuva (<i>Physalis peruviana L.</i>) de la Colección de la Universidad de Nariño. <i>Ana C., Fuertes-Estrada; Odila M., Diaz-Yampuezan; Rene C., Arevalo-Martinez Vladimir E., Vallejo-Castillo; Tulio C., Lagos-Burbano</i>	1164
Influencia de Marca y Preferencia de sabor de Leches Saborizadas en Población Infantil de Montería	

<i>Cláudia D. De Paula; Marisol P. Márquez; Ana M. Pérez; Yen M. Pineda</i>	1167
Preparation and Sensory Acceptance of Dietary Jellies Wine	
<i>Stefany Grützmänn Arcari; Tânia Brugnerotto; Silvana Adriane Almeida Santin</i>	1169
Incursión del Mercadeo Ecológico en Algunas Pymes Agroindustriales de Santander (Casos de Estudio)	
<i>Walter Pardavé Livia</i>	1171
Caracterización Fisicoquímica de Tazas de Café Producidas en el Departamento del Quindío	
<i>Jenny A. Valencia Sánchez; Magda I. Pinzón Fandiño; Ramón Gutiérrez Robledo</i>	1174
Evaluación de una Bebida Carbonatada a Partir de Jugo de Uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L)	
<i>Johana Pantoja G; Jipson Bastidas P; Andrés Cerón C; Oswaldo Osorio M</i>	1176
Evaluación del Efecto de la Marca sobre la Preferencia Sensorial en Salsa de Tomate	
<i>Diana Carolina Vergara Gallego, Cláudia Denise De Paula, Yenís Pastrana</i>	1179
Inteligencia Competitiva Orientando Al Mercado La Investigación De Empaques Semirrigidos Biodegradables De Yuca Y Fique	
<i>Heydy Belsy Pabon Ortiz; José Luis Hoyos y Héctor Samuel Villada</i>	1181

Análisis del Agronegocio de la Cadena Productiva de Lácteos

Agribusiness Analysis of the Dairy Production Chain

Mónica María Simanca Sotelo¹, Luz Alexandra Montoya Restrepo²

1 Profesora Asociada, Universidad de Córdoba. Candidata a Doctora, Doctorado Ingeniería-Industria y Organizaciones, Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. mmsimancas@unal.edu.co

2 Profesora Asociada, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. lamontoyar@unal.edu.co

Resumen. El objetivo del presente estudio es analizar el agronegocio de lácteos en el entorno mundial, nacional y local; y caracterizar la cadena productiva de lácteos colombiana. La investigación se llevó a cabo mediante análisis descriptivo, el cual contempla una revisión bibliográfica de fuentes documentales, con el fin de identificar el agronegocio de lácteos y diagnosticar particularidades que permitan la caracterización de la cadena productiva de lácteos en Colombia. Se observó la concentración del agronegocio de lácteos en países de zonas no tropicales y el aumento sostenido en los últimos años de la producción de leche, que para el 2011 alcanzó la cifra de 727 millones de toneladas; y como principales países productores a Estados Unidos, India, China, Brasil, Alemania y la Federación Rusa. La producción lechera en Colombia representa el 10% en el PIB Agropecuario y 24% en el PIB Pecuario en la economía del país; alcanzando el autoabastecimiento con un volumen aproximado de 6.500 millones de litros en el 2012. La cadena láctea colombiana consiste en un sistema complejo de seis eslabones, donde el producto básico es la producción de leche, proveniente del ganado bovino de sistemas especializados o de doble propósito; los eslabones que interactúan y se interrelacionan en la cadena son: los proveedores, las unidades productivas, los centros de acopio, los industriales, los intermediarios y el consumidor final.

Palabras Clave: Agroindustria, Representación, Producción.

Abstract. The aim of this study is to analyze the dairy agribusiness in the global, national and local environment, and characterize the Colombian dairy production chain. The research was conducted through descriptive analysis, which includes a literature review of documentary sources, in order to identify and diagnose dairy agribusiness characteristics that allow the characterization of the dairy production chain in Colombia. Concentration of dairy agribusiness in countries not tropics and sustained increase in recent years in the production of milk, which in 2011 amounted to 727 million tons was observed, and as major producing countries to the United States, India, China, Brazil, Germany and the Russian Federation. Milk production in Colombia represents 10 %

of the Agricultural GDP and 24 % of GDP Livestock in the economy ; reaching self-sufficiency with a volume of 6,500 million liters in 2012. Colombian dairy chain is a complex system of six links, where the commodity is the production of milk, from cattle or specialized dual-purpose systems, the links that interact and interrelate in the chain are the suppliers, production units, storage centers, manufacturers, intermediaries and final consumers.

Keywords: Agribusiness, Representation, Production.

INTRODUCCIÓN

El análisis de los agronegocios es necesario para establecer la estructura y el comportamiento a nivel mundial y/o local de los productos del sector agroindustrial de referencia, permitiendo de esta manera, el mejoramiento de su desempeño en el mercado y facilitando la participación en nuevos mercados (Castellanos *et al.*, 2009).

Lima *et al.*, (2001), han establecido que los sistemas agropecuarios y agroforestales comprenden un conjunto de componentes y procesos que se interrelacionan para la generación de productos a través de la transformación de materias primas e insumos (Castellanos *et al.*, 2009). El agronegocio, comprende el sistema agropecuario y agroindustrial incluyendo las dimensiones organizacionales e institucionales que apoyan y regulan su desempeño; el estudio de este permite conocer la situación del mercado actual, las perspectivas de desarrollo de productos y la identificación del mercado objetivo (Lima *et al.*, 2001).

El análisis del agronegocio busca establecer las características del entorno, que permitan definir las condiciones de producción, consumo, precios, balanza comercial, entre otras; logrando, de esta manera, la identificación de productos de la cadena productiva, la definición de principales países productores y consumidores, y la caracterización de la dinámica de la balanza comercial con el propósito de encontrar oportunidades de negocio y dirigir hacia ellas los esfuerzos comunes (Castellanos *et al.*, 2009).

El presente trabajo tiene como objetivo la identificación del sistema agroindustrial y del negocio mundial, nacional y local en el que se encuentra inmersa la cadena productiva de lácteos; y por otra parte la descripción de la cadena láctea colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos propuestos se realizó un estudio descriptivo el cual contempla una revisión bibliográfica de fuentes documentales (artículos científicos, libros, publicaciones periódicas y tesis doctorales), con el fin de identificar el agronegocio de la cadena productiva de lácteos en Colombia; así mismo, se realizó el diagnóstico de particularidades de la cadena con el fin de realizar la caracterización de la misma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agronegocio, comprende el sistema agropecuario y agroindustrial incluyendo las dimensiones organizacionales e institucionales que apoyan y regulan su desempeño; entendiéndose como sistema agroindustrial al conjunto de componentes y procesos que se interrelacionan para la generación de productos a través de la transformación de materias primas e insumos (Castellanos *et al.*, 2009).

El estudio del agronegocio permite conocer la situación del mercado actual, las perspectivas de desarrollo de productos y la identificación del mercado objetivo (Lima *et al.*, 2000); así mismo, permite establecer la estructura y el comportamiento a nivel mundial y/o local de los productos del sector agroindustrial de referencia, mejorar su desempeño en el mercado y facilitar la participación en nuevos mercados (Castellanos *et al.*, 2009).

Diagnóstico del agronegocio de los productos lácteos

Entorno mundial. La producción mundial de lácteos se caracteriza por estar altamente concentrada en países ubicados fuera de la zona tropical y por presentar un aumento en más del 50% en los últimos tres decenios, pasando de 470 millones de toneladas en 1981 a más 700 millones de toneladas en 2011 (FAO, 2013); y pese al impacto de la crisis económica mundial, la demanda de la leche y sus derivados seguirá en aumento, jalónada por los crecimientos económicos y demográficos de los mercados emergentes, en los que se resalta el grupo de los BRIC (Brasil, Rusia, India y China) (República de Colombia-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012a). De acuerdo a la FAO para el año 2011 la producción mundial de leche alcanzó la cifra de 727 millones de toneladas; los principales países productores son Estados Unidos, India, China, Brasil, Alemania y la Federación Rusa, quienes concentran un 60% de la producción mundial (Tabla 1); se destaca el crecimiento

significativo en la producción durante los últimos diez años, de países como China, Turquía, Pakistán, India, Brasil y Argentina; mientras que países como Ucrania, Australia, Japón, Reino Unido, Italia, Rusia, Francia y Colombia entre otros, presentan un comportamiento decreciente, al comparar la producción puntual de los años 2002 y 2012.

El análisis de la cadena láctea en el mundo revela que en muchos países el grado de concentración ha permitido la integración de las operaciones de procesamiento y comercialización, encontrándose como estrategia el posicionamiento primero en el mercado nacional a través de economías de escala mientras se consolida la exportación de excedentes (Mojica *et al.*, 2007). En la actualidad se observa un incremento de la población en las grandes ciudades de países en desarrollo, acompañado generalmente de un aumento del poder adquisitivo, que provoca un incremento en la demanda de alimentos, entre los que se encuentran la leche y sus derivados. Los principales productos lácteos que se comercializan en el mundo son leche pasteurizada, leche esterilizada, leche UHT, leche concentrada, leche en polvo, mantequilla, crema de leche, queso, lactosuero, yogurt y cuajada; presentándose un crecimiento en la demanda durante los últimos años de productos como yogurt y helados, a diferencia de la demanda de mantequilla y queso, los cuales tienden a disminuir y ser sustituidas por productos de origen vegetal (Mojica *et al.*, 2007).

Tabla 1. Producción mundial de leche (T)

Posición	Región	2002	2012	Variación (%)
1	Estados Unidos de América	77.140.000	90.865.000	17,8
2	India	34.612.000	54.000.000	56,0
3	China, Continental	12.998.000	37.419.500	187,9
4	Brasil	22.314.700	32.304.421	44,8
5	Alemania	27.874.440	30.506.929	9,4
6	Federación de Rusia	33.208.920	31.576.047	-4,9
7	Francia	25.197.330	23.983.196	-4,8
8	Nueva Zelandia	18.865.939	20.053.000	6,3
9	Turquía	7.490.630	15.977.837	113,3
10	Reino Unido	14.869.000	13.884.000	-6,6
11	Pakistán	8.350.000	13.393.000	60,4
12	Polonia	11.872.700	12.667.773	6,7
13	Argentina	8.793.400	11.815.000	34,4
14	Países Bajos	10.677.000	11.675.448	9,4
15	México	9.658.282	10.880.870	12,7
16	Italia	11.300.092	10.579.572	-6,4

Posición	Región	2002	2012	Variación (%)
17	Ucrania	13.846.700	11.260.102	-18,7
18	Australia	11.271.000	9.480.132	-15,9
19	Canadá	7.964.000	8.450.000	6,1
20	Japón	8.385.300	7.630.418	-9
48	Colombia	6.553.820	6.482.572	-1,1

Fuente: FAO, 2012

En el mundo el mayor consumidor de leche es Estados Unidos, además de ser un importante productor suplente su demanda interna, siendo marginales las importaciones de lácteos (Mojica *et al.*, 2007). Los países con los mayores excedentes de leche son Nueva Zelanda, Estados Unidos, Alemania, Francia, Australia y Irlanda; y los países con los mayores déficits de leche son China, Italia, la Federación de Rusia, México, Argelia y Indonesia ((FAO, 2013).

Producción Nacional. La producción de leche en Colombia es de gran importancia para la economía del país con una participación del 10% en el PIB Agropecuario y del 24% en el PIB Pecuario (Consejo Nacional Lácteo, 2010). De acuerdo a las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, durante los últimos quince años la producción nacional de leche ha presentado un comportamiento creciente, con notables descensos en algunos períodos, pero las cifras han alcanzado el autoabastecimiento en la actualidad; el volumen total de producción pasó de 5.500 millones de litros en 1997 a 6.500 millones en el 2012 aproximadamente (República de Colombia-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012b).

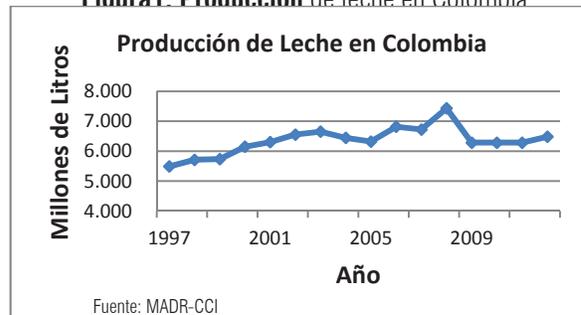
La Encuesta Nacional Agropecuaria señala que las principales cuencas lecheras en términos de producción son la cuenca lechera de la Región Central, seguida por la Costa Atlántica, participando con un 33,4% y 31,8%, respectivamente. Le siguen en este orden la cuenca lechera de la Región Occidental y la cuenca lechera de la Región Pacífica; y los departamentos que presentaron la mayor producción de leche fueron: Cundinamarca (18,6%), Antioquia (16,8%), Boyacá (11,5%) y Cesar (6,5%) (DANE, 2013). En el Departamento de Córdoba participó con 5,1% de la producción nacional, alcanzando una cifra cercana a los 250 millones de litros anuales, con una productividad de 3 litros/vaca/día (DANE, 2013).

Caracterización de la cadena productiva de lácteos.

En Colombia la organización del sector agropecuario, se ha realizado a través de las cadenas productivas, mediante la Ley 811 de 2003 (De las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, forestal, acuícola y pesquero), las cuales son

definidas como un sistema conformado por la interacción en armonía entre diversos participantes, directa o indirectamente, en la producción y consumo de productos y servicios agropecuarios.

Figura 1. Producción de leche en Colombia



Las cadenas productivas son concebidas como un modo de integración, a través de estructuras cooperativas que permiten el fortalecimiento económico y tecnológico y promueven la consolidación de los tejidos sociales (Castellanos *et al.*, 2009). La cadena productiva de lácteos en Colombia consiste en un sistema complejo de seis eslabones, donde el producto básico es la producción de leche, proveniente del ganado bovino de sistemas especializados o de doble propósito (Mojica *et al.*, 2007). Entre los productos derivados se encuentran, mantequilla, queso, yogurt y preparados a base de leche como postres, dulces, entre otros (Espinal *et al.*, 2005). Los eslabones que interactúan y se interrelacionan en la cadena láctea colombiana son: los proveedores, las unidades productivas, los centros de acopio, los industriales, los intermediarios y el consumidor final; los *proveedores* suministran todos los productos y servicios necesarios para el mantenimiento, reproducción, sanidad y manejo de los animales, así como el mantenimiento de los potreros y la obtención de la leche y sus derivados; los *sistemas productivos* se puede definir como el conjunto de actividades desarrolladas por el ganadero a nivel de la unidad productiva o finca bajo un modelo o sistema de producción que integra los recursos a su disposición para la producción de la leche; los *centros de acopio* son el lugar donde se concentra la materia prima como leche, algunos pertenecen a cooperativas de productores y en la mayoría de los casos son propiedad de las empresas procesadoras grandes y medianas; la *industria* son los establecimientos en los cuales se modifica o transforma la leche para hacerla apta para consumo humano, que incluye las plantas para higienización, para pulverización u obtención de leche como materia prima para elaboración de derivados lácteos; los *comercializadores* realizan todas las actividades cuya función básica es concretar el encuentro entre la oferta de los productos y su demanda, lo que incluye la

entrega de los productos terminados hasta el consumidor final; y finalmente los *consumidores* son los que hacen uso final de los productos lácteos, en razón a sus ingresos dan lugar a la clasificación en tres segmentos: consumidores de ingresos altos, medios y bajo.

CONCLUSIONES

El agronegocio de los lácteos se caracteriza por su concentración en países ubicados fuera de la zona tropical y por presentar un aumento sostenido en los últimos años. La producción mundial alcanzó la cifra de 727 millones de toneladas para el año 2011 y los principales países productores son Estados Unidos, India, China, Brasil, Alemania y la Federación Rusa.

En Colombia la producción de leche representa el 10% en el PIB Agropecuario y 24% en el PIB Pecuario en la economía del país; y en los últimos quince años ha presentado un comportamiento creciente, con notables descensos en algunos períodos; alcanzado el autoabastecimiento con un volumen total de producción que pasó de 5.500 millones de litros en 1997 a 6.500 millones en el 2012 aproximadamente. El Departamento de Córdoba participó con 5,1% de la producción nacional, alcanzando una cifra cercana a los 250 millones de litros anuales, con una productividad de 3 litros/vaca/día.

La cadena láctea colombiana consiste en un sistema complejo de seis eslabones, donde el producto básico es la producción de leche, proveniente del ganado bovino de sistemas especializados o de doble propósito; Los eslabones que interactúan y se interrelacionan en la cadena láctea colombiana son: los proveedores, las unidades productivas, los centros de acopio, los industriales, los intermediarios y el consumidor final.

BIBLIOGRAFÍA

Castellanos, O. F., Torres, L. M., & Dominguez, K. P. (2009). *Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales* (p. 199). Bogotá D.C.: Giro

Editores Ltda. Retrieved from <http://www.biogestion.unal.edu.co/>

Consejo Nacional Lácteo. (2010). Acuerdo de competitividad de la cadena láctea colombiana. Serie Competitividad. Colección Bogotá D.C.: Consejo Nacional Lácteo. Retrieved from http://www.cnl.org.co/index.php?option=com_remository&Itemid=108&func=startdown&id=643

DANE. 2013. Boletín de prensa Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2012 (pp. 1–16). DANE. (2013). Boletín de prensa Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2012 (pp. 1–16). Retrieved from http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/boletin_ena_2012.pdf. Retrieved from http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/boletin_ena_2012.pdf

Espinal, C. F., Covalada, H. M., & Rodríguez, F. G. (2005). La Cádena de Lácteos en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Retrieved from http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112162250_caracterizacion_lacteos.pdf

FAO. (2013). Producción lechera. Retrieved from <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/es/#.Uw9BzGJ5P1I>

Lima, S. M., Castro, A. M., Mengo, O., Medina, M., Maestrey, M., Trujillo, V., & Alfaro, O. (2001). La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional.

Mojica, F.J., R. T. Cabezas, D. L. Castellanos and N. Bernal. 2007. *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana* (p. 168). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Retrieved from http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200831311504_Lacteos.pdf

República de Colombia-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012a). *Perspectivas del mercado internacional de leche. 2012*. Retrieved from http://biblioteca.agronet.gov.co:8080/jspui/bitstream/123456789/3921/1/Leche_Perspectivas_Oct3_2012_copia.pdf

República de Colombia-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012b). *Producción mensual y anual de leche en litros. Años 2005-2012* (p. 12).

Aceptación Sensorial de Semillas del Arbol de Pepepan (*Artocarpus camansi Blanco*), Cultivado en Tumaco - Nariño

Sensory Acceptation of Pepepan Tree Seed, (*Artocarpus camansi Blanco*), Cultivated in Tumaco - Nariño

Ángela María Triviño Arévalo.¹ Nivea Cristina Garzón Gómez.²

¹ Ingeniera Agrícola, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. anmtrivinoar@unal.edu.co

² Profesor Asociado, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. nczarong@unal.edu.co

Resumen: Se realizó un estudio de aceptación sensorial de productos comestibles, elaborados a partir de semillas de pepepan (*Artocarpus camansi Blanco*), árbol frutal cultivado en Tumaco-Nariño, al suroccidente de Colombia, para evaluar sus posibilidades de comercialización. El estudio contó con una muestra de 50 consumidores no entrenados, entre 17 y 50 años, de los cuales 20 eran hombres y 30 mujeres de Bogotá y Zipaquirá, quienes evaluaron 5 presentaciones diferentes: Pepepan con sal (LI20), Pepepan tostado (LI40), Pepepan con miel (LA73) Pepepan cubierto con chocolate (MI31) y una natilla a base de Pepepan (MI82). Se evaluaron atributos como color, olor, sabor, textura y apariencia global mediante una escala hedónica del 1 al 5. Como resultado del estudio, las muestras MI82 y MI31 fueron las preferidas por los consumidores.

Palabras clave: *Artocarpus camansi*, Blanco, aceptación sensorial, consumidores.

Abstract: A study of sensory acceptance of edible products made from pepepan seeds (*Artocarpus camansi White*), fruit tree grown in Tumaco, Nariño, in southwestern of Colombia, was carried out in order to evaluate their marketing possibilities. The study involved the participation of 50 untrained consumers, between 17 and 50 years, of whom 20 were men and 30 were women from Bogotá and Zipaquirá, who evaluated 5 different presentations: Pepepan with salt (LI20), toasted Pepepan (LI40), Pepepan with honey (LA73) Pepepan covered with chocolate (MI31) and a Pepepan based custard (MI82). Attributes such as color, odor, flavor, texture and overall appearance were evaluated by using a hedonic scale of 1 to 5. As a result of the study, MI82 and MI31 samples were the preferred by the consumers.

Key words: *Artocarpus camansi*, white, sensorial acceptance, consumers.

INTRODUCCIÓN

El Pepepan (*Artocarpus camansi Blanco*) es un frutal de extensa distribución y reconocimiento sociocultural en la

cuenca del Pacífico, en el ámbito mundial y en Colombia. (Ragone, 2006); sin embargo no tiene mayor utilidad a nivel nacional, se desconocen cifras de producción, consumo y comercialización, siendo un alimento rico en vitaminas, minerales, que contiene por lo menos 14 aminoácidos de los cuales 5 son esenciales en cantidades comparables a los cereales y legumbres (Quijano y Arango, 1979). A continuación se presenta el contenido nutricional de la harina de Pepepan y la harina de trigo, los resultados se muestran en la Tabla 1, donde se observa claramente las ventajas nutricionales del pepepan respecto al trigo.

Tabla 1. Contenido Nutricional de la harina de Pepepan comparada con la harina de trigo. (Benítez, 2011)

Parámetro.	Harina de Semillas Pepepan	Harina de Trigo
Proteína %	11,40	11,79
Fibra %	8,32	4,78
Carbohidratos %	68,64	66,74
Grasa %	7,85	1,40
Calorías Kcal/100g	375,00	365,00
Vitamina B3 mg/100g	4,45	--
Fosforo mg/100g	151,20	161,00
Hierro mg/100g	4,43	---
Calcio mg/kg	713,00	200,00
Sodio mg/kg	109,40	30,00

El árbol de Pepepan también es conocido como breadnut, pana de pepitas, topan; crece naturalmente y se cultiva, desde el sudeste de Asia hasta la Polinesia, entre latitudes de 10°N y 20°N, siendo originarios de Malasia, alcanzan los 18 m de altura con un tronco recto de corteza lisa, de color pardo, su madera es liviana y utilizada para la construcción de canoas

y remos (Nuñez, 2011). Los frutos pueden tener entre 46 y 94 semillas, cada árbol puede llegar a producir un promedio de 700 frutos por año (Bennett y Nozzolillo, 1987).

En Ecuador se han desarrollado propuestas gastronómicas para promover el consumo de pepepan como tortas, jugos postres y ensaladas, (Gómez, 2007). Adicionalmente se ha investigado sobre recubrimientos y acompañantes para el consumo de la semilla fresca. (Jáuregui, 2006)

En el pacífico colombiano se encuentra en los Departamentos de Nariño, Valle, Chocó, San Andrés y Providencia. Además, es considerada una planta ornamental o de uso doméstico en la región de Tumaco-Nariño, donde la población durante la fase preliminar de investigación en campo aseguró consumir las semillas cocinadas con sal.

El estudio y los resultados que se presentan, tienen el objetivo de brindar información el nivel de agrado de algunos productos obtenidos a partir del procesamiento de las semillas del Pepepan (*A. camansi*) en la región central del país, especialmente en las localidades de Bogotá y Zipaquirá, lugares donde no se produce, ni conocen estas semillas.

Resultados que permitirán evaluar las mejores presentaciones para que a futuro, los microempresarios de Tumaco, cuenten con recursos para sus planes de cultivo y comercialización del pepepan como alternativa de desarrollo socioeconómico.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Las semillas fueron recolectadas en Tumaco - Nariño, bajo condiciones de temperatura promedio de 28°C, humedad relativa de 83,87% y 2531 mm de precipitación anual. La muestra fue seleccionada aleatoriamente, manteniendo su uniformidad en tamaño, estado de sanidad y maduración. Las semillas fueron procesadas en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, donde se realizaron operaciones básicas de acondicionamiento como: pre-clasificación, pesado, limpieza, desinfección; con el fin de eliminar los microorganismos y residuos del fruto presentes en la superficie de la semilla, para de esta forma disminuir el riesgo de contaminación durante su almacenamiento a una temperatura de 15°C.

Las semillas fueron sometidas a cocción con calor húmedo, se dejaron hervir con 1% de sal durante un periodo de 45 minutos (Acero, 1996), posteriormente se retiraron las dos cutículas y se realizaron las siguientes presentaciones: Pepepan con sal (LI20), Pepepan tostado en horno a una temperatura de 350°F durante 15 minutos (LI40), Pepepan cubierto con miel (LA73) Pepepan cubierto con chocolate (MI31) y finalmente (MI82)

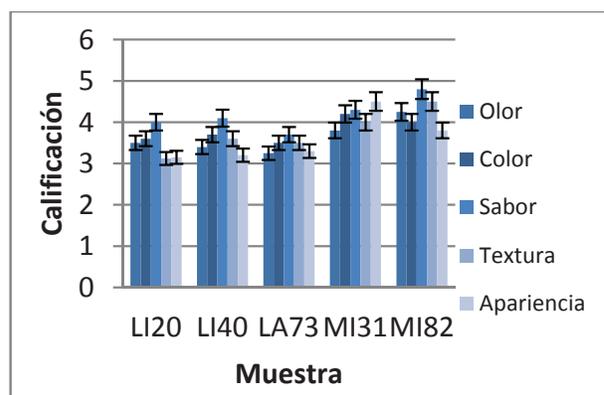
natilla a base de harina de Pepepan.

Con el fin de evaluar el nivel de grado se aplicó una prueba de satisfacción a 50 consumidores no entrenados, en la cual determinaron el nivel de aceptación, evaluando atributos como color, olor, sabor, textura y apariencia global mediante una escala hedónica del 1 al 5, siendo 1.Me disgusta mucho 2. Me disgusta moderadamente 3. Ni me gusta ni me disgusta 4. Me gusta moderadamente 5. Me gusta mucho. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los datos obtenidos en las pruebas sensoriales fueron analizados por el método de varianza en el programa estadístico SPSS, en la Figura 1 se presentan los resultados con el análisis estadístico correspondiente.

Figura 1. Resultados prueba de Satisfacción Pepepan.



A partir de los resultados obtenidos se puede observar que el sabor en la mayoría de muestras están cercanas a Me gusta, sin embargo sobresale el sabor de la natilla y la muestra con chocolate MI82 y MI31 respectivamente, mientras que la muestra cubierta con miel LA73 obtuvo la calificación de ni agradable ni desagradable. La calificación más baja obtenida se dio en la evaluación del olor, ya que presenta un olor característico de Pepepan, poco conocido para los consumidores razón por la cual no lo encuentran agradable ni desagradable, para algunas personas la textura no es del todo agradable, razón por la cual se recomienda experimentar con diferentes tiempos de cocción ya que esta puede cambiar la textura convirtiéndola en más harinosa o más crujiente.

Las muestras de Pepepan tostado y salado LI40 y LI20 respectivamente también han sido del agrado de los consumidores, sin embargo consideran que es recomendable mejorar la apariencia y el olor, estas muestras presentaron una gran variabilidad en los resultados obtenidos, principalmente

en sabor y color. A través de los resultados se pueden replantear un segundo procesamiento donde se mejoren los parámetros de puntuación más baja como la textura y el olor.

El 90% de los consumidores aseguran que comprarían el producto, por su sabor y su valor nutritivo.

CONCLUSIÓN.

El procesamiento del pepepan es una forma importante para comercializar y dar a conocer este fruto tan importante, las muestras de mayor acogida fueron las muestras dulces como la natilla y la cubierta de chocolate. Sin embargo las muestras de pepepan salado y tostado también fueron aceptadas por la comunidad y son consideradas como una posibilidad de consumo para las personas diabéticas.

BIBLIOGRAFIA.

- Acero, L. 1996. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Árbol del pan (*Artocarpus Altilis*) Fosberg. Convenio Andrés Bello, SECAB, Ciencia y Tecnología No. 72, en: Ecoaldea la medicina natural al alcance de todos. http://www.ecoaldea.com/pmlD/arbol_pan.htm. Consulta: diciembre 2013
- Bennett, F.D., C. Nozzolillo, C. 1987. How many seeds in a seeded breadfruit, *Artocarpus altilis* (Moraceae). *Economic Botany*. 41 (3); 370 -374.

- Benítez, J. 2011. Desarrollo del proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol de pan y determinación de una mezcla nutritiva con harina de soya para uso humano. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Facultad de ingeniería química y agroindustria. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 84p.
- Gómez, J. 2007. Estudio y análisis de la fruta de pan y propuesta gastronómica. Ecuador. En: Repositorio Universidad Tecnológica Equinoccial http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9399/1/39127_1.pdf consulta Diciembre 2013.
- Jáuregui, A. 2006. Desarrollo de nueces (Junglas regia) recubiertas con miel. Tesis Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ciencias químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. 61p.
- Núñez, J. 2011. Caracterización del fruto y semilla de frutopan (*Artocarpus camansi* Blanco). Venezuela. *Bioagro*, (23): 51-56.
- Quijano, J y G. Arango. 1979. The breadfruit from Colombia—a details chemical analysis. *Economic Botany*, New York Botanical Garden, 2(33): 199- 202
- Ragone, D. 2006. *Artocarpus camansi* (breadfruit). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*. Traditional Tree 2: 1-11.

Influencia de la franjas altitudinales en la calidad sensorial de los licores obtenidos de granos de cacao clones CCN 51, ICS 60 e ICS 95.

Influence of Altitudinal Fringes in the Sensory Quality of the Liquor Obtained from Cocoa Beans Clones CCN 51, ICS 60 and ICS 95.

Lucas Fernando Quintana Fuentes¹; Salomón Gómez Castelblanco²

¹ Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD", Escuela de ciencias básicas, tecnología e Ingeniería, Bucaramanga. lucas.quintana1@unad.edu.co

² Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD", Escuela de ciencias básicas, tecnología e Ingeniería, Bucaramanga. Salomon.gomez@unad.edu.co

Resumen. El municipio de San Vicente de Chucuri en Santander es el principal productor de cacao; con una producción que representa el 36% (5800 t) de la producción total de Colombia. (37200 t). Habitualmente se encuentran cultivos de cacao desde los 200 a los 1200msnm dentro de los pisos térmicos cálido y templado, siendo un municipio privilegiado por contar con cultivos en estas condiciones específicas en el mundo, por lo tanto es importante determinar la influencia de la altura en las características sensoriales de los licores de cacao obtenido en tres franjas altitudinales. Los clones se encuentran en todas las veredas del municipio y fueron recomendados por Fedecacao por sus características productivas. El clon CCN 51 cuenta con

un 25% de participación, el ICS 60 con un 14% y el ICS 95 con un 25%. La evaluación sensorial fue realizada con un grupo de jueces entrenados que determinó el perfil sensorial del licor del cacao para cada clon estudiado y evaluando estadísticamente la influencia de las franjas altitudinales sobre en las principales características del sabor obtenidas en los perfiles. El estudio permite determinar que no existe diferencia en el perfil sensorial del sabor de cada uno de los licores obtenidos para cada clon en cada una de las franjas altitudinales seleccionadas.

Palabras Clave: Cacao, sensorial, franja altitudinal, calidad, clon.

Abstract. *The municipality of San Vicente de Chucuri is the main producer of cocoa, with a production that represents the 36% (5800 t) of the Colombian total production (32700 t). Habitually the cocoa crops are found between 200 and 1200 amsl into warm and temperate climate floor, making this municipality privileged for having crops with those specific conditions in the world, therefore is important to determine the influence of the height in the sensory characteristics of the cocoa obtained in the three altitudinal fringes. The clones are found in all the sidewalks of the municipality and the clones were recommended by fedecacao for their productive characteristics, the clone CCN 51 counts with a 25% of the participation, the ICS 60 with a 14% and the ICS 95 with a 25%. The sensorial evaluation was made with a group of trained judges who determine the sensorial profile of the cocoa liquor for each studied clone and making a statistical evaluation of the influence of the altitudinal fringes on the principal characteristics of the flavor obtained in the profiles. The research allowed determining that there is no difference in the sensorial profile of the flavor of each one of the obtained liquors for each altitudinal fringe.*

Keywords: *Cocoa, sensory, altitudinal gaza, quality clone.*

INTRODUCCIÓN

Hay que considerar la calidad sensorial del producto como un factor crítico para el acceso a nuevos mercados y es de vital dedicar una especial atención a la determinación de la calidad que percibirá el cliente y esto se logra si, determinamos las características sensoriales de los licores de cacao correspondiente a los clones CCN 51, ICS60 e ICS95 en tres franjas altitudinales de la montaña Santandereana. Para el análisis sensorial fueron utilizados entre 5 y 10 jueces entrenados para evaluar los licores de cacao obtenidos de los tres clones en las tres franjas de altitud y determinando las características sensoriales de sabor como ácido, astringencia, amargo, cacao, frutal, floral, nuez, verde y otros en una escala de 0 a 10, estableciendo el perfil de sabor del licor de los materiales obtenidos para los tres clones. Se logró establecer con un grupo de jueces entrenados un estudio de calidad sensorial del licor del cacao con los perfiles de sabor obtenidos en las tres franjas altitudinales para los tres clones seleccionados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció como soporte la normatividad técnica colombiana (NTC) para el proceso de evaluación sensorial de los licores de cacao obtenidos. La Guía Técnica Colombiana 165 de 2007 nos presenta la base para la ejecución adecuada de la

evaluación sensorial y la NTC 3929 de 2009 y la NTC 4934 de 2009 definen las bases para la determinación de un perfil sensorial.

De acuerdo a lo establecido por (Sancho *et al.*, 1999), el proceso de selección inicia con la preselección, selección de precandidatos, pruebas de selección, entrenamiento específico, evaluación del entrenamiento específico y análisis de muestras problema.

Se aplicaron las siguientes pruebas: sabores básicos según la GTC 188-2 de 2009, identificación de aromas, intensidad de color, pruebas de pares, dúo – trío y triangular según la NTC 3883. Con estas pruebas se evaluó la capacidad de cada uno de los candidatos y llevar a cabo la selección del personal como se establece en la NTC 4129 de 1997. Cada uno de estas pruebas para los licores de cacao siguió un protocolo de aplicación en donde se tienen en cuenta el tipo de jueces: mínimo 5 jueces entrenados. (Morales *et al.*, 1994).

Las condiciones para el desarrollo y aplicación de las diferentes pruebas sensoriales, las condiciones locativas básicas, para la sala de pruebas o cabinas, para el sitio de preparación de las muestras. Las muestras de licor de cacao se prepararon de acuerdo a lo establecido en el manual para análisis de cacao (Stevenson *et al.*, 1993).

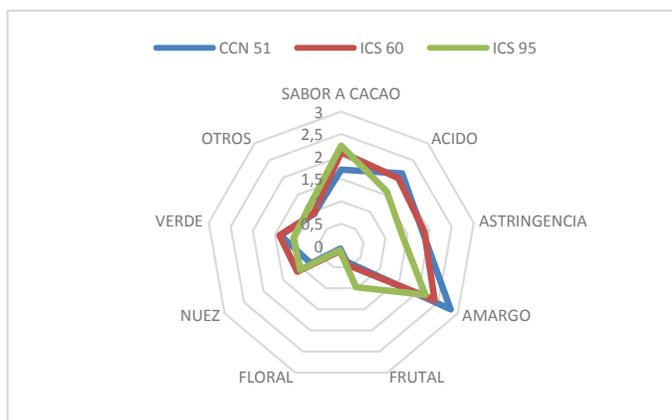
El experimento tiene un diseño completamente al azar compuesto por tres tratamientos franja altitudinal, con tres repeticiones que consisten en tres fincas por cada altitud. Para un total de nueve unidades experimentales. Se identificaron y geo-referenciaron previamente las Fincas en cada altitud para un total de tres fincas por franja y nueve en total. El material fue transportado hasta la Granja Villa Mónica de propiedad de Fedecacao, donde se realizó el proceso de Post cosecha bajo un mismo protocolo para todas las muestras, secado, torrefacción, molido, aventado y obtención del licor de cacao.

Con el análisis de varianza se establece si hay diferencias significativas entre las medias de las calificaciones asignadas a cada uno de los licores de cacao por clon y la franja altitudinal correspondiente (Pedrero *et al.*, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la ANOVA en una sola vía con una probabilidad de error del 5% indica que no hay diferencia significativa para los tres grupos correspondientes a cada franja, por lo tanto la altura no influye en las características sensoriales para cada clon en la primera y segunda cosecha.

El panel de jueces expertos en entrenamiento nos arroja con un grado de confiabilidad del 95% los perfiles de la Gráfica 1



Gráfica 1. Perfil sensorial CCN 51 - ICS 60 – ICS 95

en donde se encontró que para los tres clones hay una mayor presencia de los sabores básicos ácido, astringente y amargo en su orden para el clon CCN 51, ICS 60 e ICS 95, para el sabor a cacao un mayor valor para el ICS 95, ICS 60 y CCN 51 y en los sabores adquiridos la presencia de nuez es importante siendo mayor en los ICS, se encuentra floral muy bajo.

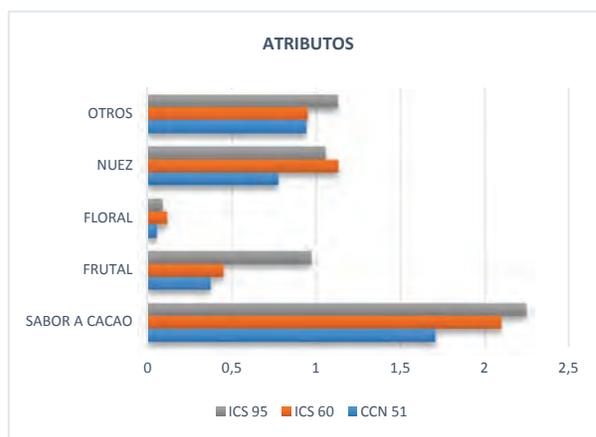
En la Gráfica 2 encontramos que en los atributos a resaltar de los perfiles para los tres clones presentan una valoración media para el sabor a cacao, una valoración baja para el sabor frutal y a nuez, y muy baja para el sabor floral. De los tres clones podemos decir que el más balanceado y de mejor perfil

CONCLUSIONES

Se determina que no hay diferencia significativa entre los licores con un 95% de confiabilidad en los perfiles sensoriales en las tres franjas altitudinales para los tres clones CCN 51, ICS 60 e ICS 95.

Los perfiles de sabor obtenidos se caracterizan por tener valores altos para sabores básicos como ácido, amargo y astringente, estos pueden ser obtenidos por la presencia de almendras media o no fermentada lo cual nos lleva a estudiar posibles deficiencias en el control de la fermentación.

Tenemos que los clones en estudio presentan sabores específicos importantes como son el frutal y nuez, y en tonos bajos el floral. Estos sabores serán un punto importante a la hora de la comercialización siempre y cuando se trabaje en la disminución de los sabores básicos que desmejoran el perfil como son la astringencia, acidez y amargor.



Gráfica 2. Perfil atributos para los tres clones

BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia.
- ICONTEC. (1997). NTC 4129. Análisis sensorial. Guía general para la selección y seguimiento de evaluadores. Parte 1 evaluadores seleccionados. Bogotá D.C. Colombia: ICONTEC.
- ICONTEC. (2001). NTC 4934. Análisis sensorial. Metodología. Guía general para establecer un perfil sensorial. Bogotá D.C., Colombia.: ICONTEC.
- ICONTEC. (2006). Análisis sensorial. Metodología. Prueba duo-trío. NTC 3883. Bogotá D.C. Colombia: ICONTEC.
- ICONTEC. (2009). GTC 178-2. Análisis sensorial. Guía general para el personal de un laboratorio de evaluación sensorial parte 2 reclutamiento y formación de líderes del panel. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- ICONTEC. (2009). NTC 3929. Análisis sensorial. Metodología. Métodos del perfil del sabor. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- ICONTEC. (29 de 08 de 2007). GTC 165. Análisis sensorial. Metodología. Guía general. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- Pedrero, D. y R. Pangborn. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos. Ciudad de México: Alhambra Mexicana.
- Sancho, J., E. Bota y J.J. De Castro, J.J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Stevenson, C., J. Corven y G. Villanueva. 1993. Manual para análisis de cacao en laboratorio. San José, Costa Rica: IICA.

Evaluación Sensorial en Productos Innovativos, Obtenidos de Subproductos de Arroz, Utilizando una Metodología de Extrusión

Sensory Evaluation in Innovative Products, Rice Products Obtained Using a Methodology of Extrusion

Salinas, Ruth¹; Almendares, Laura²; Grossi, Mauricio; Huilipan, Claudia; Ramírez, Carla

¹ Universidad de Santiago de Chile, Facultad Tecnológica, Dpto. de Ciencias y Tecnologías de los Alimentos – Av. Ecuador 3769, Santiago de Chile – ruth.salinas@usach.cl

² Universidad de Santiago de Chile, Facultad Tecnológica, Dpto. de Ciencias y Tecnologías de los Alimentos – Av. Ecuador 3769, Santiago de Chile – laura.almendares@usach.cl

Resumen. El objetivo de la investigación es determinar las características sensoriales en arroces saborizados y con adición de fibra obtenidos mediante extrusión, empleando subproductos del arroz. Se desea precisar tiempo de cocción, hinchamiento del grano (absorción de agua), calidad y aceptabilidad de arroces con sabores (churrasco, ajo, cebolla) y adición de fibra. Se efectúan pruebas de cocción para definir tiempo y relación arroz-agua, análisis de humedad y absorción de agua y, entrenamiento de un panel. La evaluación sensorial estableció la calidad con 14 personas entrenadas; la aceptabilidad con 50 personas y, focus groups con 1182 personas en tres regiones del país. El estudio definió un tiempo de cocción en 10 minutos, la mejor relación de arroz-agua fue 1:2; en calidad y aceptabilidad, el producto con sabor churrasco tuvo mayor calificación.

Palabras claves: Calidad, aceptabilidad.

Abstract. The objective of the research was to determine the sensory characteristics in flavored rice and with added fiber obtained by extrusion using rice products. Cooking time, swelling of the grain (water absorption), quality and acceptability of flavored rice (beef, garlic, and onion) and adding fiber are desired to specify. Cooking tests are performed to determine time and rice-water ratio, and analysis of moisture and water absorption and, training a panel. Sensory evaluation established the quality with 14 trained people; acceptability with 50 people and focus groups with 1182 people in three regions of the country. The study defined a cooking time of 10 minutes, the best rice-water ratio was 1:2; about quality and acceptability, the beef flavored product was more scored.

Key words: Quality, acceptability.

INTRODUCCIÓN

El arroz es el producto principal en la dieta de muchos países. La creciente demanda por arroces especiales y el interés de privados y gobiernos por subir la rentabilidad, conforman

condiciones para un futuro promisorio de éstos. El objetivo del estudio es elaborar un arroz mediante extrusión, empleando subproductos de él; promoviendo el consumo de otra alternativa de alimento, agregar un nuevo uso a sus subproductos, añadir valor agregado y dar a los agricultores mayor bienestar; determinar tiempo de cocción del arroz extruido, relación arroz-agua, humedad, hinchamiento del grano (absorción de agua), entrenar un panel de jueces y, evaluar calidad y aceptabilidad de arroces con sabores a churrasco, ajo, cebolla y adición de fibra.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación sensorial es efectuada en 12 tipos de arroces extruidos con sabores a ajo, churrasco, cebolla y más adición de fibra. En las pruebas de cocción se emplea el procedimiento tradicional que se realiza en los hogares. La determinación de humedad se basa según norma AOAC, método oficial 926.08 (AOAC, 1990). El hinchamiento del grano se establece por medición del tamaño de los granos de arroz, utilizando un pie de metro, se miden los crudos y los cocidos y, por diferencia se estima el agua absorbida. El entrenamiento del panel consta de tres etapas: 1° Selección, identificación de colores (80% de respuestas positivas), discriminación por tamaño y color (Newell y Mc Farlane, varianza de Friedman y número de Page, al 5% de significancia); 2° Entrenamiento, prueba triangular 3-AFC (UNE-EN ISO 4120:2008), prueba dúo-trío 3-AFC (UNE-EN ISO 10399:2010), prueba dual-estándar 4-AFC (O'Mahony, 2002); 3° Control, prueba ordenación (UNE-EN ISO 8587:2010, al 5% de significancia), correlación sensorial/instrumental (regresión lineal) en dureza/textura (Newton) mediante el texturómetro Zwick/Roell (Okadome, 2005) y color por colorímetro Hunter Lab. La determinación de calidad se efectúa con tres repeticiones, en los descriptores apariencia, color, dureza y sabor, por el panel de 14 personas entrenadas; se utiliza la prueba descriptiva con escala no estructurada de 0-10 cm, en cuyos extremos se usan las referencias

de “muy mala” y “excelente” para apariencia, “sin color” y “extremadamente oscuro” para color, “extremadamente blando” y “extremadamente duro” en dureza y, “sin sabor” y “extremadamente intenso” en sabor; los resultados se analizan a través de los juicios de los evaluadores y, estadísticamente por análisis de varianza y prueba de rangos múltiples de Duncan, al 5% de significancia. En la determinación de aceptabilidad, se efectúa una prueba piloto con 50 personas; focus groups a 1182 personas, con grupos aleatorios de 14 personas, se aplica en tres regiones del país (Región Metropolitana, V y VIII Regiones), utilizando la prueba escala hedónica con pauta estructurada de 1-5 puntos; en los arroces extruídos churrasco, ajo, cebolla y con adición de fibra; se considera un análisis de varianza por atributo (apariencia, sabor, textura), a un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de cocción mostró baja similitud con el arroz tradicional, cuya proporción es 4:2 (4 tazas de agua por 2 de arroz), el arroz extruído necesita una proporción de 1:2 (1 taza de agua por 2 de arroz) y una cocción de 10 minutos. En las determinaciones de humedad y de hinchamiento del grano, el volumen aumentó entre 20% y 33% (Tabla 1). Las correlaciones sensoriales/instrumentales establecen valores lineales, dejando de manifiesto un buen grado de entrenamiento (Tabla 2.). En calidad, los parámetros de apariencia, color, dureza y sabor se encuentran en la Tabla 3., los valores destacados de color azul más intenso, representan los mejores índices de calidad; el producto churrasco más fibra reunió más atributos en calidad e intensidad. El focus group claramente indicó que las muestras de cebolla y churrasco, indistintamente si contienen o no fibra, eran las más atractivas para el potencial cliente.

Tabla 1. Resultados de las determinaciones de humedad e hinchamiento del grano.

Arroz extruído	Origen	Humedad arroz crudo (%)	Humedad arroz cocido (%)	Hinchamiento del grano (Δ entre tamaño granos crudos y cocidos)	
				Ancho (mm)	Largo (mm)
Ajo más Fibra	Parral	12,05	35,91	0,259	1,096
Ajo más Fibra	El Huique	11,17	37,14	0,443	2,163
Ajo	Parral	9,75	50,89	0,454	1,932
Ajo	El Huique	10,32	35,88	0,554	1,346
Churrasco más Fibra	Parral	11,63	39,43	0,277	1,236
Churrasco más Fibra	El Huique	10,55	39,43	0,463	1,523
Churrasco	Parral	11,15	39,36	1,4	1,216
Churrasco	El Huique	10,71	35,93	0,317	1,291
Cebolla más Fibra	Parral	10,97	44,32	0,912	1,081
Cebolla más Fibra	El Huique	10,33	45,79	0,844	0,885
Cebolla	Parral	11,68	34,97	0,426	0,949
Cebolla	El Huique	11,84	37,23	0,642	0,608

Tabla 2. Correlaciones sensorial/instrumental para dureza y color.

Muestra	Dureza	Color		
		L*	a*	b*
Ajo más fibra	0,921	0,976	0,999	0,986
Ajo	0,934	0,994	0,971	0,989
Churrasco más fibra	0,993	0,996	0,999	0,999
Churrasco	0,856	1	0,986	1
Cebolla más fibra	0,961	0,999	0,909	0,982
Cebolla	0,997	0,995	0,999	0,997

Tabla 3. Resultados del análisis sensorial en los atributos de calidad e intensidad.

Muestra	Medias (cm)			
	Apariencia	Color	Dureza	Sabor
Ajo más Fibra	6,336	6,574	5,373	3,914
Ajo	6,170	4,473	5,872	3,417
Churrasco más Fibra	7,217	5,204	5,222	6,266
Churrasco	6,892	4,497	5,536	7,049
Cebolla más Fibra	5,856	5,843	5,659	4,433
Cebolla	6,785	4,426	5,156	4,053

CONCLUSIÓN

El arroz extruído posee buenas características organolépticas, con tiempo de cocción menor al convencional, 10 minutos, y requiere menor cantidad de agua para su cocción, obteniéndose una relación de arroz-agua 1:2 (1 taza de agua por 2 de arroz). En la determinación de calidad, el arroz extruído con sabor a churrasco con y sin fibra fueron los mejores evaluados por el panel, pero el producto con sabor a churrasco más fibra, obtuvo las mejores calificaciones. En la determinación de aceptabilidad, se observó en el focus group que los arroces extruídos que destacaron como más aceptados eran los sabores de churrasco y cebolla, con y sin fibra. En el estudio se concluye que el arroz extruído posee óptimas características de consumo, se recomienda utilizar en una primera aproximación al cliente sólo las variedades de cebolla y churrasco, con y sin fibra.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento: FIA-PI-C-2005-1-A-48 Patente: 1033-2013

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. 1990. Official Methods 926.08. "Official Methods of Analysis" 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, modified.
- Okadome, H. 2005. Review Application of Instrument-Based Multiple Texture Measurement of Cooked Milled-Rice Grains to Rice Quality Evaluation. *Jpn Agr Res* 39(4): 261–268.
- O'Mahony, M. 2002. Curso Internacional. Revisión y actualización de la metodología sensorial. Instituto Tecnológico de Veracruz, México.
- UNE-EN ISO 4120:2008 Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular.
- UNE-EN ISO 10399:2010 Análisis sensorial. Metodología. Ensayo dúo-trío.
- UNE-EN ISO 8587:2010 Análisis sensorial. Metodología. Ordenación.

Evaluación de las Características Sensoriales en Caramelos Blandos con Inclusión de Miel de Abejas

Evaluation of Sensory Features in Soft Candy with Inclusion of Honey Bees

Darwin Rodríguez Medina^{1*}; Carlos Novoa Castro²; Consuelo Díaz Moreno³

¹ Ingeniero Químico (C). Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. daarodriguezme@unal.edu.co

² Profesor Asociado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. cfnovoac@unal.edu.co

³ Profesora Asociada. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. amcdiazmo@unal.edu.co

Resumen. Debido al alto poder edulcorante de la miel de abejas, esta puede ser utilizada para la elaboración de productos de confitería, aportándole un sabor característico. Este poder edulcorante dependerá de la composición de azúcares en la miel, la cual varía según su zona geográfica de origen. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de mieles de distintos orígenes geográficos sobre las características sensoriales de caramelos blandos de leche. El análisis sensorial se realizó con consumidores y panelistas entrenados encontrando una aceptación del 85% para el dulce con miel de la región Comunera-Santander y del 54% para la miel de Medio Chicamocha - Boyacá. Con el panel entrenado no se encontraron diferencias significativas en sus propiedades sensoriales ($p < 0.05$).

Palabras clave: Confitería, Poder edulcorante, Panel sensorial, Concentración, Cocción

Abstract. Due to the high sweetness of honey, this can be used for the manufacture of confectionery, giving it

a distinctive flavor. This sweetness will depend on the composition of sugars in honey, which varies by geographical area of origin. The aim of this study was to evaluate the effect of incorporation of honeys from different geographical origins on the sensory characteristics of milk soft candy. Sensory analysis was conducted with consumers and trained panelists finding an acceptance of 85% for sweet with honey of region of Comunera-Santander and 54% for honey of Middle Chicamocha-Boyacá. In the trained panel were not found differences in the sensory properties ($P < 0.05$).

Key words: Confectionery, sweetening power, Sensory Panel, Concentration, Cooking.

INTRODUCCIÓN

Un caramelo blando de leche es un producto de consistencia masticable obtenido por concentración a altas temperaturas de una mezcla de azúcares naturales o sintéticos alcanzando un porcentaje de humedad entre 4 y 10% y mínimo de 0,5% p/p

de proteína láctea (Maldonado, 2009). El desarrollo de este producto incluye la adición de miel de abejas, tradicionalmente se le considera un ingrediente natural en muchos procesos, debido a sus características de aroma y sabor, es un edulcorante natural con características sensoriales aceptadas en productos de confitería y chocolatería. El trabajo pretendió evaluar la influencia del tipo de miel utilizada en la elaboración de un caramelo blando de leche; la miel es una solución saturada de azúcares reductores con presencia de micronutrientes y compuestos bioactivos que le confieren características antimicrobianas, antioxidantes y sensoriales propias del origen botánico y geográfico de origen (Gomes *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron miel de abejas de la región Comunera de Santander (Miel 1) y de la región del Medio Chicamocha de Boyacá (Miel 2), leche líquida, leche en polvo descremada, grasa vegetal, glucosa en polvo y bicarbonato de sodio. Los ensayos fueron realizados a nivel de laboratorio. Formulación: los rangos de variación de los insumos en la formulación fueron: leche de 30-37%, leche descremada en polvo de 9,0-13,9%, grasa vegetal de 2,7-6,0%, glucosa de

3,2-8,3% y miel de abejas entre 45 y 53%.

Proceso de elaboración. Las muestras se prepararon de acuerdo con el diagrama de flujo descrito en la Figura 1. Se realizó la mezcla de miel de abejas, leche y bicarbonato y se inició el tratamiento térmico. Una vez disuelta la miel, se adicionó la glucosa a $30 \pm 5^\circ\text{C}$ y posteriormente se adicionaron la leche en polvo y la grasa vegetal. Se mantuvo agitación constante a una temperatura de $93 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 35 ± 2 minutos, obteniéndose un caramelo con una concentración final de $90 \pm 2^\circ\text{Brix}$. Se dispuso del caramelo en una bandeja de acero inoxidable y fue llevado a $0 \pm 2^\circ\text{C}$ por 2 minutos para favorecer la microcristalización de la lactosa. Después de ello se dejó a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) por 24 horas antes del corte.

Análisis sensorial, diseño experimental y modelos estadísticos. Los ensayos se realizaron variando los porcentajes de inclusión de materias primas en 8 muestras logrando así la formulación final con la cual se desarrolló el producto. Se hizo una prueba de aceptación con una escala hedónica de 5 puntos con 66 consumidores (ICONTEC, 1996) universitarios y una prueba de puntajes (Anzaldúa, 2005) con 6 panelistas ya entrenados con más de 5 años de experiencia, enseñando en 2 sesiones de

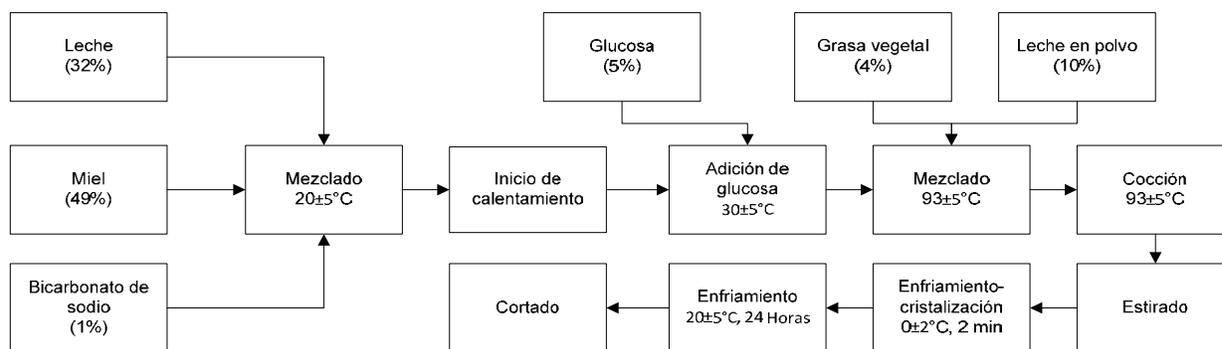


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de caramelos blancos con inclusión de miel de abejas.

entrenamiento, los descriptores, escalas de evaluación y posibles defectos. Los resultados de la prueba de consumidores se reportan como el porcentaje de repetición de cada puntaje frente al total de panelista. Los datos de la prueba de puntajes se analizaron con la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Anzaldúa, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial. Los resultados de la prueba de consumidores para los 2 tipos de caramelos se puede observar en la Figura 2. Ésta reveló un grado de aceptabilidad en los consumidores del 85% y del 54% para los caramelos de miel 1

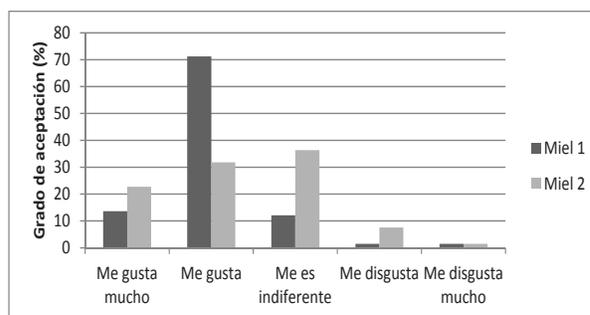


Figura 2. Prueba sensorial de consumidores para caramelos blandos con inclusión de dos tipos de miel de abejas.

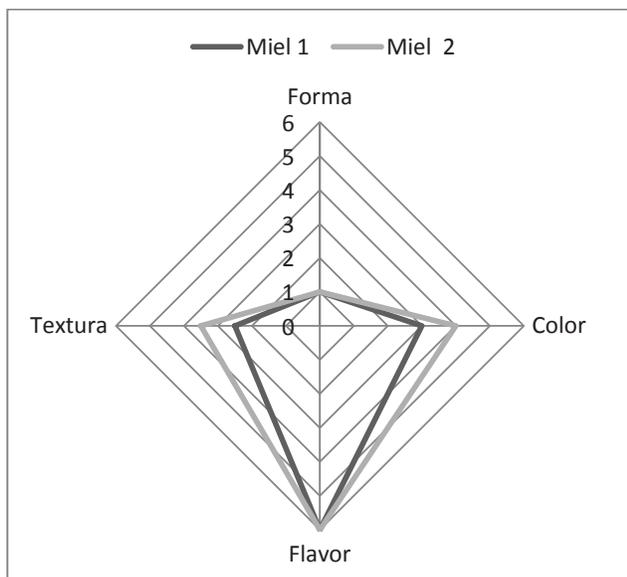


Figura 3. Prueba de puntaje para caramelos blandos con inclusión de dos tipos de miel de abejas.

y 2 respectivamente. Esta mayor aceptación hacia el caramelo 1 fue influenciada por una textura más blanda y un sabor más fuerte a miel de abejas.

En cuanto a prueba de puntajes con panelistas entrenados la cual se puede observar en la Figura 3, no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los parámetros evaluados, indicando que el cambio de miel no influyó en la calidad sensorial de los caramelos.

En la Tabla 1 se puede observar la composición de cada miel utilizada. Siendo sometidos al mismo proceso de fabricación, se alcanzaron distintos valores de concentración para cada muestra. Esto se debe a las diferencias en composición de la miel, donde el contenido de azúcares totales y agua causan una variación de proceso en cuanto a las condiciones óptimas de concentración. La preferencia de la muestra 1 por parte de los consumidores pudo darse por una mayor cantidad de azúcares en la miel de partida.

Tabla 1. Composición de las muestras de miel de abejas utilizadas en la elaboración de caramelos blandos.

Parámetro	COMUNERA		MEDIO CHICAMOCHA	
pH	3,67	± 0,19	4,10	± 0,28
Acidez libre (meq.kg-1)	32,87	± 6,78	31,24	± 8,14
Humedad (%)	18,87	± 1,16	17,25	± 1,30
Cenizas (%)	0,10	± 0,04	0,27	± 0,14
Disacáridos (%)	7,87	± 1,81	6,22	± 1,60
Glucosa (%)	31,57	± 6,05	27,98	± 6,29
Fructosa (%)	36,33	± 5,76	35,57	± 6,36
Color (mm Pfund)	51	± 17	77	± 18
HMF (mg/kg)	9,22	± 6,34	9,58	± 22,34

CONCLUSIÓN

La composición de la miel de abejas depende de su origen botánico y geográfico, por ello las condiciones del proceso deben ajustarse al tipo de miel que se utilice. El producto final tuvo alta aceptación por parte de los consumidores, siendo la miel de la región Comunera de Santander la más aceptada. El resultado de la prueba de puntajes con panelistas entrenados no coincidió con la prueba de consumidores debido que cada consumidor trae diferentes culturas de consumo.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Nacional de Semilleros de Investigación, Creación e Innovación de la Universidad Nacional de Colombia 2013–2015. Modalidad 3. Proyectos desarrollados mediante trabajos de grado y al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA

BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa M. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. 1 Edición. Editorial ACRIBIA S.A. pp. 50, 70–74
- Gomes, S., L. Dias, L. Moreira, P. Rodrigues and L. Estevinho. 2010. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. Food and chemical toxicology 48(2): 544–8.
- ICONTEC. NTC 3925. Análisis sensorial, metodología, guía general 1996.
- Maldonado, R. 2009. Elaboración de caramelo blando de leche (tipo toffee) a partir de lactosuero deshidratado 35(1), 1–7.

Optimización del Proceso Postcosecha del Cacao “chuncho” Peruano para el Mejoramiento de la Calidad Organoléptica del Licor de Cacao

Postharvest Process Optimization of Peruvian “chuncho” Cocoa to Improve the Organoleptic Quality of Cocoa Liquor

David Condori¹; Edgard Asencios²; Luis García³; Candy Ruiz⁴; Yessenia Saavedra⁵; Rosario Rojas^{6*}

¹ Estudiante de Maestría. Unidad de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado 430. Lima 31, Perú. david.condori@upch.pe

² Ing. Industrias Alimentarias. Unidad de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado 430. Lima 31, Perú. edgardasencios@gmail.com

³ Profesor Investigador en Recursos Genéticos y Mejoramiento del Cacao. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Km. 1.5 Carretera a Huánuco, Tingo María, Perú. lugarc01770@gmail.com

⁴ Investigadora Asociada. Unidad de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado 430. Lima 31, Perú. candy.ruiz@upch.pe

⁵ Ing. Industrias Alimentarias. Asociación Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO). Av. Carlos Alayza y Roel 2112 Dpto. M. Lima 14, Perú. calidad@appcacao.org

^{6*} Profesora Investigadora. Unidad de Investigación en Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado 430. Lima 31, Perú. rosario.rojas@upch.pe

Resumen. El cacao Chuncho Peruano, considerado fino de aroma, es nativo de la provincia de La Convención, Cuzco. Con el objetivo de optimizar las características sensoriales de dicha variedad, se evaluó el efecto de la fermentación (3 tiempos de fermentación), secado (2 tipos de secado) y tostado (2 diferentes temperaturas y tiempos de tostado) sobre 14 atributos sensoriales del licor de cacao, los cuales fueron evaluados por un panel de 8 catadores expertos. El mejor tratamiento postcosecha fue el que utilizó un tiempo de fermentación de 4,5 días, el secado según el protocolo recomendado por la ICCO (International Cocoa Organization), la temperatura de tostado de 115 °C y un tiempo de tostado de 20 minutos. El tipo de secado según lo recomendado por la ICCO resultó ser el más apropiado pues produjo muestras con mayor intensidad en sabor a cacao, aroma cítrico y floral, con una menor incidencia del atributo ácido acético, en comparación con el secado por exposición completa directa al sol.

Palabras clave: Análisis sensorial, chuncho, fermentación, Perú, *Theobroma cacao*.

Abstract. Peruvian Chuncho cocoa, considered fine aroma, is native of the province of the Convention, Cuzco. In order to optimize the sensory characteristics of this variety, the effect of fermentation (3 different times), drying methods (two types) and roasting conditions (2 different roasting temperatures and times) on 14 sensory attributes of cocoa liquor, determined by a panel of 8 experts, was evaluated. The best postharvest treatment was the one with a fermentation time of 4.5 days, drying method according to ICCO (International Cocoa Organization) protocol, a roasting temperature equal

to 115 °C and 20 minutes roasting time. Drying method recommended by ICCO was the most appropriate because it produced samples with greater intensity in cocoa, citrus and floral aroma, with a lower incidence of acetic acid attribute, compared to the drying method with complete direct exposure to the sun.

Key words: *Chuncho, fermentation, Perú, sensory analysis Theobroma cacao.*

INTRODUCCIÓN

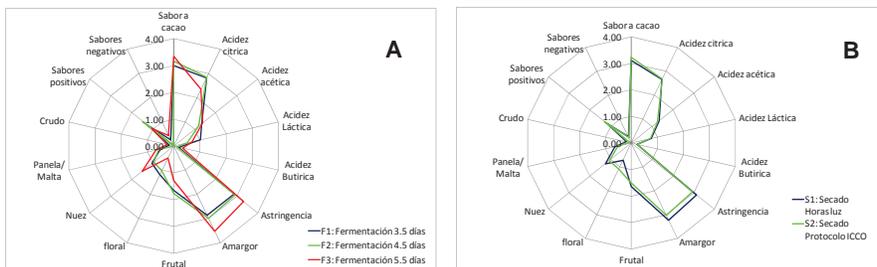
El cacao Chuncho Peruano es nativo de la provincia de La Convención, Cuzco. El nombre proviene de la zona, la cual está habitada por indígenas chunchos de las etnias Machiguengas, quienes probablemente hayan sido los que domesticaron esta variedad. Dicho cacao, considerado fino aromático, está despertando interés en los mercados internacionales por su alta calidad.

Un cacao fino se caracteriza por la presencia de notas de aroma especial tales como floral y frutal, que están ausentes en el cacao corriente (Sukha *et al.*, 2008). Dado que el proceso postcosecha del cacao influye enormemente en sus características sensoriales (Portillo *et al.*, 2009), el objetivo del presente estudio fue determinar las condiciones de post-cosecha (días de fermentación, tipo de secado, temperatura y tiempo de tostado) para optimizar la calidad organoléptica, determinada por el análisis sensorial a través de un panel de catadores expertos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mazorcas de cacao fueron colectadas en campo e identificadas como variedad Chunchu por el Ing. L. García, de acuerdo a descriptores morfológicos. Luego de la quiebra de las mazorcas, los granos de cacao fueron sometidos a fermentación en cajones fermentadores de madera. Se tomaron muestras a los 3,5 ; 4,5 y 5,5 días de fermentación y cada una de ellas fue secada en 2 diferentes condiciones (S1: secado directo al sol; S2: protocolo; ICCO: exposición gradual al sol). Las 6 muestras obtenidas fueron divididas para ser sometidas a dos temperaturas de tostado (T1: 110 y T2: 115 °C) y dos tiempos de tostado (t_1 : 20 y t_2 : 25 minutos). Al final del procedimiento se obtuvieron 24 muestras de granos de cacao tostados. Luego de retirar cáscara y germen, los granos fueron molidos para obtener los licores de cacao. Estos 24 licores de cacao fueron sometidos a evaluación sensorial por un panel de 8 catadores expertos, quienes evaluaron 14 atributos sensoriales (Figura 1).

Para analizar el efecto de la fermentación sobre la calidad sensorial se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para el efecto del secado, temperatura y tiempo de tostado. Complementariamente se realizó la prueba de Regresión Múltiple para determinar las diferencias significativas encontradas en las pruebas anteriores. Como herramienta estadística se utilizó el software Stata v.12.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1A se aprecia que la fermentación por 4,5 días produce un licor de cacao con mayor aroma cítrico y frutal, con ligera presencia de astringencia y amargor; estos últimos atributos deseables solo en intensidades discretas, tal que no comprometan el bouquet de aromas. Un mayor tiempo de fermentación mejora los atributos de sabor a cacao y nuez, pero por otro lado, da inicio a la fermentación ácido acética, lo que se traduce en mayor percepción del aroma acético enmascarando el de cítrico.

En la figura 1B se observa que el secado según protocolo de la ICCO (S2) produce un licor con mayor intensidad de sabor a cacao, aroma cítrico y floral; con menor incidencia del aroma

acético. El secado pausado, a temperaturas no muy elevadas, recomendado por la ICCO, permite la eliminación de ácidos volátiles y la continuación del proceso de formación de aromas y sabores a chocolate iniciado durante la fermentación. Las temperaturas y tiempos de tostado evaluados no produjeron cambios significativos en los perfiles sensoriales del licor del cacao.

CONCLUSIÓN

El mejor tratamiento poscosecha fue el que utilizó un tiempo de fermentación de 4,5 días, secado según el protocolo de la ICCO, temperatura de tostado de 115 °C y tiempo de tostado de 20 min. El tipo de secado S2 es el más recomendable pues presentó menor incidencia de ácido acético y a la vez mayor intensidad de sabor a cacao y aroma cítrico y floral, en comparación con el secado tipo S1. Aunque no hubo diferencias significativas entre las temperaturas y tiempos de tostado, hubo una preferencia sensorial en forma general por los tratamientos con temperatura de tostado $T_2=115^{\circ}\text{C}$ y tiempo de tostado $T_1=20$ min.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al FINCYT y FIDECOM Innóvate Perú por el apoyo financiero otorgado (Contrato N° 071-FINCYT-FIDECOM-PIPEA-2012). Asimismo, agradecemos al Sr.

Figura 1. Influencia de la fermentación y secado en el perfil sensorial. A: Tiempo de Fermentación; B: Tipo de Secado.

Francisco Rivas, Lic. Teonila Guerra, Ing. Zara Saavedra, Red Nacional de Catadores, Asociación de Pequeños Productores de Cacao de Piura – APPROCAP, Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo – COOPAIN.

BIBLIOGRAFÍA

- Portillo, E., M. Labarca and L. Grazziani, E. Cros, S. Assemat, F. Davrieux, R. Boulanger, M. Marcano. 2009. Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 458-468.
- Sukha, D.A., D. Butler, D.P. Umaharan and E. Boulton. 2008. The use of an optimised organoleptic assessment protocol to describe and quantify different flavour attributes of cocoa liquors made from Ghana and Trinitario beans. *European*

Evaluación Sensorial de Salchichón Adicionado con 3 tipos de Almidones Arracacha (*arracacia xanthorrhiza*), Mafafa (*xanthosoma sagittifolium*) y Yuca (*manihot esculenta*).

Sensory Evaluation of Sausage Added with 3 Types of Starches Arracacha (*arracacia xanthorrhiza*), Mafafa (*xanthosoma sagittifolium*) and Cassava (*manihot esculenta*).

Juan Carlos Lucas Aguirre¹; Henry Reyes Pineda², Víctor Dumar Quintero Castaño²

¹ Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío.

² Programa de Maestría en Química, Universidad del Quindío. victordumar@uniquindio.edu.co

Resumen. En el presente trabajo se evaluó sensorialmente durante 15 días una formulación de salchichón a la cual se le cambió el almidón utilizado comercialmente por 3 almidones nativos con diferentes propiedades funcionales. Los resultados indican que con respecto al tiempo para cada salchichón, para sabor, color, aroma y textura no hubo una variación estadísticamente significativa. Cuando se compararon estadísticamente los tres salchichones se pudo comprobar que hubo diferencias significativas en el color y textura, determinando que el salchichón con mafafa tuvo una mejor aceptación por parte de los jueces evaluadores.

Palabras claves: Evaluación sensorial, almidón, Salchichón.

Abstract. In this work a formulation of sausage, to which starch used commercially was changed for 3 functional native starches with different sensory properties, was evaluated for 15 days. The results indicate that respect to time for each sausage for flavor, color, aroma and texture there was no statistically significant variation. When compared statistically the sausage it was found that there were significant differences in color and texture, determining that sausage made with Mafafa had a better acceptance by the evaluator's judges.

Key words: Sensory evaluation, starch, Sausage.

INTRODUCCIÓN

Los almidones ofrecen gran variedad de propiedades funcionales a los alimentos, ya que estos sirven para mejorar la textura, impartir viscosidad, ligar agua, proveer cohesión y mantener la tolerancia al proceso para la manufactura (Ayadi *et al.*, 2009; Viuda-Martos, 2010). Este trabajo con el fin de darle uso comercial a almidones de arracacha (*arracacia xanthorrhiza*), mafafa y mafafa (*xanthosoma sagittifolium*), con el fin de reemplazar materias primas convencionales como el almidón de yuca, para esto se realizó una evaluación para determinar las diferencias sensoriales, especialmente en textura del salchichón al adicionarle este tipo de almidones

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis sensorial se realizó mediante una prueba descriptiva con un panel semientrenado conformado por 25 estudiantes del programa de ingeniería de alimentos de la universidad del Quindío realizando pruebas descriptivas escalares, con el objetivo de cuantificar las diferencias sensoriales de los atributos (Restrepo-Duque *et al.*, 2008). Las evaluaciones se llevaron a cabo sobre 5 bloques (Meilgaard *et al.*, 1999), donde la muestra control, la cual fue un salchichón comercial, se ubicó en la en la parte central y los jueces evaluaron la intensidad del atributo en comparación con ésta, calificando la muestra en valores más o menos alejados del centro a la derecha o a la izquierda (1, 2, 3, 4 y 5), donde los 4 y 5 representan una mayor intensidad en el atributo y 1 y 2 una disminución del atributo con respecto al control. Los jueces podían ubicar su calificación en el mismo valor del control (3). El panel se llevó a cabo cada 3 días durante 15 días en las mismas condiciones de trabajo, evaluando color, aroma, sabor y textura (Naourez *et al.*, 2014; Restrepo-Duque *et al.*, 2008; Cáceres *et al.*, 2008), a tres salchichones. Los resultados se analizaron mediante ANOVA utilizando el método las mínimas diferencias significativas (LSD) con un nivel de confianza del 95. Se utilizó el software Sthathgraphis Centurion XVI para el análisis de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores p obtenidos en el análisis de varianza para cada parámetro sensorial con respecto al tiempo para la formulación de salchichón que contenía almidón de arracacha fueron para color 0,1346, aroma 0,6113, sabor 0,9988 y textura 0,8251. Esto denota que no existe un cambio significativo a un nivel de confiabilidad del 95% de los parámetros sensoriales con respecto al tiempo. En los test de rango múltiple se pudo observar que existe una diferencia estadística significativa en los días 1 y 4 con respecto al día 15. Allí se pudo notar que para los jueces existe una diferencia significativa en cuanto

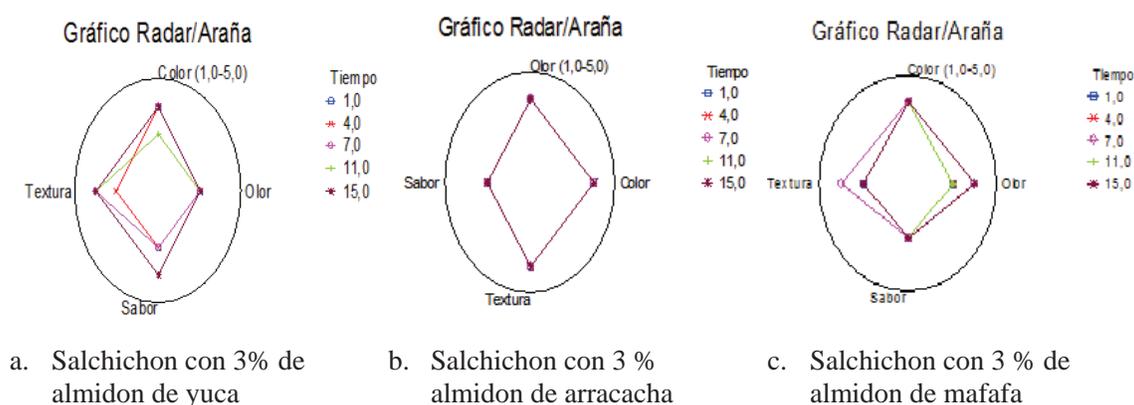


Figura 1. Evaluación de las tres formulaciones con respecto al tiempo

a la disminución del color en el día 15. En el test de rango múltiple se pudo determinar que solo para la textura hay diferencias estadísticamente significativas entre el primer día y el día 7, mostrando un promedio significativamente mayor de evaluación la textura del día 7, esto indica que el almidón de mafafa, para los jueces evaluadores, genera una mejor textura en el producto en este día y por tanto una mayor aceptabilidad sensorial con respecto a los otros días.

Se puede observar que el tiempo no tiene incidencia estadística significativa en el cambio de color y que en lugar de ello es la

formulación del almidón quien incide directamente en el cambio de color. En el test de comparación múltiple se observa que hay una diferencia significativa entre el salchichón 1 (con almidón de yuca) y el salchichón 3 (con almidón de mafafa) en cuanto al cambio de color independientemente del tiempo, observando así una mejor calificación para el salchichón 3 (3,82). Según el ANOVA hay un efecto estadísticamente significativo con un valor $P < 0,05$ entre los tres tipos de salchichón en cuanto al aroma independientemente de los 15 días de almacenamiento del producto. Para el test de comparaciones múltiples se presenta una diferencia entre el salchichón 1 (con almidón de yuca) y salchichón 2 (con almidón de arracacha) con un 95,0% de nivel de confianza, con una mayor aceptabilidad (3,59) el salchichón 2 (con almidón de arracacha). Para el parámetro de sabor en cada uno de los salchichones se observa que hay diferencias estadísticamente significativas. Presentándose una variabilidad en el salchichón 2 (con almidón de arracacha) con respecto a los otros, teniendo esta mayor aceptabilidad (3,4).

La figura 2.d. muestra el comportamiento de textura para cada tipo de salchichón, presentando una diferencia significativa entre el salchichón 3 (con almidón de mafafa) con respecto a los otros ($P < 0,05$) teniendo mayor aceptabilidad (3,73).

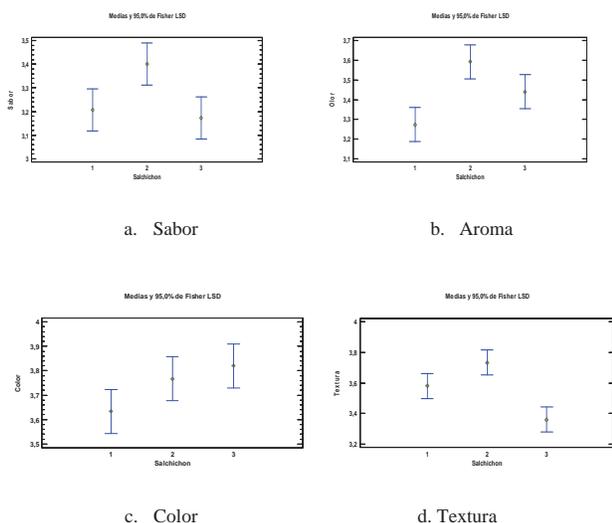


Figura 2. Resultados de la evaluación de los parámetros sensoriales de las 3 formulaciones por el método de las mínimas diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

CONCLUSIONES

Las pruebas sensoriales de los tres tipos de salchichón mostraron que no hay una diferencia significativa a un nivel del 95% en los parámetros evaluados (color, aroma, sabor y textura) en cada uno de los salchichones con respecto al tiempo lo cual indica que la formulación, manipulación y el método de refrigeración fueron efectivos a la hora de conservar las principales características sensoriales del producto; pero si

ocurren cambios significativos entre cada una de las variables de los tipos de salchichón cuando son comparados entre los mismos salchichones. Se pudo comprobar que hubo diferencias altamente significativas en el color y textura, determinando que el salchichón con mafafa tuvo una mejor aceptación por parte de los jueces evaluadores.

BIBLIOGRAFIA

- Ayadi, M., A. Kechaou, A. Makni, I. and H. Attia. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering* 93(3): 278-283.
- Naourez, K., S. Slim, I. Trabelsi, M. Nasri and R. Salah. 2014. Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science* 96(1): 521-525.
- Viuda-Martos, M., J. Ruiz-Navajas and J. Fernández-López. 2010. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control* 21(4): 436-443.
- Cáceres, E., M. García and M. Selgas. 2008. Effect of pre-emulsified fish oil – as source of PUFA n–3 – on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Science* 80(2): 183-193.
- Meilgaard, M., G. Civille and B. Carr. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. 3 Editions. Boca Raton, Londres, New York, Washington D.C. 387 P.
- Restrepo Duque, A.M., M. Cortes Rodríguez y H. Suarez Mahecha. 2008. Evaluación Sensorial De Fresa (Fragaria X Ananassa Duch.) Y Uchuva (Physalis Peruviana L.) Fortificadas Con Vitamina E. *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín*. 61(2): 4667-4675.

Caracterización Sensorial de Maíz Blanco *Zea mays L* y su Producto Final, Arepa Tipo Antioqueña

Sensorial Characterization of White-corn Zea mays L and its Final Product Arepa Type Antioquia

Martínez A OL¹, Ardila C M P², García B Y³.

- 1 Docente Universidad de Antioquia. Facultad Química Farmacéutica. Departamento de Alimentos. Directora Grupo de Investigación en Análisis Sensorial. grupsensorial@gmail.com. AA1226.
- 2 Docente Universidad de Antioquia. Facultad Química Farmacéutica. Departamento de Alimentos. Integrante Grupo de Investigación en Análisis Sensorial. msensorial@gmail.com
- 3 Docente Universidad de Antioquia. Facultad Química Farmacéutica. Departamento de Alimentos. Integrante Grupo de Investigación en Análisis Sensorial. albayamileg@gmail.com

Resumen. La arepa de Colombia es un alimento de apariencia plana y delgada, elaborada a partir de maíz blanco (*Zea Mayz L*) trillado. Se realizó estudio de caracterización sensorial de maíz blanco y arepa tipo tela con jueces entrenados del Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad de Antioquia. En los tratamientos del maíz destinado a la elaboración de arepa, a temperatura de 96° C por 5, 10 y 15 minutos, los jueces percibieron entre los sabores y olores más destacados: dulce, maíz cocido y cereal y para la textura: duro, grumoso, adhesivo, masticable y cohesivo. Se realizó ficha técnica sensorial a la masa destinada para el producto en apariencia, color, olor, sabor y textura. Los jueces describieron y calificaron la calidad sensorial de la arepa con la Metodología Descriptiva de Perfil Sensorial por Aproximación Multidimensional bajo la NTC 3932 (ISO 11035), con base en esta prueba se realizaron los perfiles de la arepa empacada en polietileno sin vacío y al vacío, encontrándose diferencia significativa $P \leq 0,05$ en el olor a maíz (0, 006) y el sabor a maíz (0,039). La calidad sensorial de la arepa varía según la materia prima, el proceso y el tipo de envase especialmente en el sabor y olor a maíz.

Palabras clave: Sabor, análisis descriptivo, perfil sensorial.

Abstract. The Colombian corn-cake is a flat and thin food product made from white wet-milled corn (*Zea Mayz L*). A sensorial characterization study was conducted for white-corn and corn-cake type tela (type thinner) using trained judges from the University of Antioquia's Sensorial Analysis Laboratory. When the corn-cake was cooked with corn conditions of 96°C degrees during 5, 10 and 15 minutes respectively, the panel of judges highlighted for the smell and flavor: sweet, boiled corn, and cereal; and for the texture: hard, clotted, sticky, chewable, and cohesive. The technical specification chart for the dough was also made including appearance, color, smell, flavor, and texture. The judges described and rated the sensorial quality of the corn-cake using the Descriptive Methodology for Sensorial Profile using Multidimensional Approximation under NTC 3932. Based on the results for this test, the corn-cake profile packed in two different packages was determined, one using polyethylene bags without vacuum and the other one

using polyethylene bags with vacuum. The difference found was of significance, $P \leq 0.05$; for the corn smell (0.006), and for the corn flavor (0.039). The sensorial quality of the corn-cake varies depending of the raw materials, the production process, and the package type, even more for the corn smell and flavor characteristics.

Keywords: Taste, descriptive analysis, sensory profile.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays L.*, es una especie monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas) (FENALCE 2012; Martínez, Arcila 2006). La composición nutricional varía de acuerdo al tipo de maíz y procesos previos antes de la preparación del producto final. (Gear, 2006), (Espinosa y Quispe, 2011). En Colombia, el maíz ha sido uno de los alimentos básicos desde antes de la llegada de los españoles, las características ambientales, sociales, tecnológicas y culturales presentes en las diferentes regiones geográficas (Silva, 2005); y se cultiva en mayor cantidad en las tierras bajas tropicales del Caribe y en las zonas templadas y frías de la región Andina (FENALCE, 2010). Este cereal es el conjunto de granos desgranados y enteros de maíz duro, "*Zea mays indentata L*" y dentado "*Zea mays indurata L*" o sus híbridos. Según la Encuesta Nacional de la Situación Alimentaria y Nutricional 2005 de Colombia, 6.2% de los colombianos consumían maíz y 17.9% arepa elaborada con harina de maíz (Imbachí *et al.*, 2010). La arepa nace con la historia del maíz, desde Mesoamérica aproximadamente hace dos mil años. En América, los países que más consumen arepa son Colombia, México y Venezuela (Martínez y Arcila 2006). Para Colombia el nombre genérico es arepa de maíz blanco trillado, plana y delgada (FAO, 2012) y por norma como producto para consumo, obtenido a partir de la masa de maíz blanco, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida, mezclada con otros ingredientes tales como sal, queso, entre otros y que debe ser almacenada en refrigeración de 4°C a 10°C. (ICONTEC, NTC 5372). En el estudio desarrollado se realizó caracterización sensorial de maíz blanco (*Zea mays L*) y su producto arepa de maíz blanco empacadas en envase de polietileno de baja densidad y a vacío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para la caracterización sensorial en maíz (*Zea mays L.*) Variedad Indentata y de arepa del mismo maíz, se emplearon muestras suministradas por empresa de la ciudad de Medellín- Antioquia. Las arepas con cumplimiento de

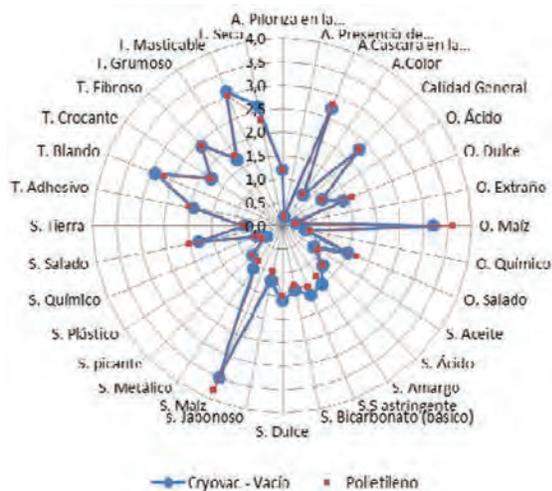
NTC 5372, fueron empacadas en envase convencional de polietileno de baja densidad y bolsa termocontraible de Cryovac®. El estudio se realizó con 20 jueces entrenados con 4 años de entrenamiento como mínimo; se les realizó entrenamiento de evaluación sensorial de maíz, masa y arepa previo al estudio. En la caracterización sensorial del maíz blanco se describieron olores, sabores y texturas encontradas en el grano sometido a diferentes tiempos de cocción 5, 10 y 15 minutos a 96° C. Se le realizó descripción sensorial a la masa de maíz y la ficha técnica sensorial. La determinación de color para maíz y arepa se realizó por carta Pantone. El ensayo descriptivo se realizó en instalaciones del Laboratorio de Análisis Sensorial de la Universidad de Antioquia, con condiciones según GTC 226 (ISO 8589:2007). Se entregaron muestras de arepa (20 gramos), a temperatura de 40°C, en servilletas codificadas con tres dígitos; se realizó análisis por triplicado, con agua como barredor. Se realizó el análisis a temperatura (25° C +/- 2° C) y humedad relativa entre 46 a 65%, en cubículos. El ensayo se realizó bajo NTC 3932:1996 (ISO 11035); en las fases: Entrenamiento previo de los evaluadores en estándares de calidad y defectos en maíz blanco, masa de maíz y arepa de maíz blanco; generación de descriptores identificados en muestras de arepa de maíz blanco de marcas comerciales; primera reducción de términos bajo orientación de líder de panel, se obtuvieron 50 descriptores para los atributos (apariencia, olor, sabor y textura); segunda reducción de términos mediante aplicación de la fórmula $M = (F \cdot I)$ Donde F es la frecuencia y corresponde al número de veces que el descriptor es mencionado sobre el total de veces que puede ser mencionado. I es intensidad relativa de cada descriptor y corresponde a la suma de las intensidades dadas por el panel sobre la intensidad máxima del descriptor, un total de 29 descriptores (ver tabla 1). La calificación de los descriptores seleccionados se realizó en escala de respuesta de 0 a 5, donde 5 es la máxima intensidad (NTC 3932).

Análisis estadístico. Se establecieron diferencias estadísticas $p < 0,05$ de los atributos dados al tipo de empaque convencional de polietileno de baja densidad y al vacío en bolsa termocontraible de Cryovac®, con análisis de varianza simple con tres replicas. Los datos fueron procesados con software de análisis estadístico SPSS "Statistical Product and Service Solutions"

Análisis de resultados. En la Caracterización granos de maíz blanco y elaboración de la ficha técnica sensorial de maíz, se obtuvo a los cinco minutos:

Tabla 1. Descriptores sensoriales en maíz blanco (*Zea mays L.*) Variedad. *Indentata*

TIEMPO (minutos)	DESCRIPTORES
5	Olor: Dulce, Maíz Cocido, Cereal, Tierra, Salino, Maíz, Lácteo; sabor: Maíz, Dulce, Cereal, Amargo, Crudo, Tierra, Salado, Alcalino, Harinoso, Sensación Astringente; Textura: Dura, Grumosa, Adhesiva, Masticable, Cohesiva, Crujiente, Arenosa, Yesosa, Fibrosa, Fracturable, Granulosa, Húmeda.
10	Olor: Dulce, maíz cocido, cereal, tierra, salino, maíz; sabor: maíz, dulce, amargo, tierra, salado, alcalino, metálico, cocido, lácteo, afrecho, sensación astringente; textura: duro, grumoso, adhesivo, masticable, cohesivo, crujiente, arenoso, fibroso, fracturable, granuloso y húmedo.
15	Olor: Dulce, Maíz Cocido, Azufrado, tierra, Maíz, Metálico; sabor: Dulce, Amargo, Tierra, Salado, Alcalino, Metálico, Cocido, Cereal. Textura: Duro, Grumoso, Adhesivo, Masticable, Cohesivo, Crujiente, Fibroso, Granuloso, Húmedo y sonido rechinante.



Gráfica 1. Perfil sensorial por aproximación multidimensional para arepa de maíz blanco tipo tela en empaque convencional de polietileno de baja densidad y al vacío en bolsa termocontraíble de Cryovac®.

En el análisis descriptivo se obtienen los perfiles resultantes de los análisis realizados por los jueces y descriptores de apariencia, olor, sabor, textura y calidad sensorial general de las arepas según el tipo de empaque utilizado (Gráfica 1)

En las muestras empacadas en los dos envases, se detectaron diferencias significativas sólo en olor y sabor a maíz. Las notas de sabor y olor extraño, químico y jabonoso pueden originarse por la adición de conservantes; el sabor a tierra puede darse debido a contaminación por mohos o en arepa durante el

almacenamiento; el sabor a plástico puede darse por migración de compuestos del empaque a la arepa (Tabla 2)

Tabla 2. Diferencias significativas $p < 0.05$ para descriptores de arepa de maíz blanco tipo tela en empaque convencional de polietileno de baja densidad y al vacío en bolsa termocontraíble de Cryovac®.

Descriptor	Tipo de Empaque				p
	Cryovac® (Al vacío)		Polietileno convencional		
	n	Media±Desv.	n	Media±Desv.	
O. Maíz	47	3,2±0,8	54	3,6±0,8	0,006
S. Maíz	47	3,5±0,7	53	3,8±0,8	0,039

CONCLUSIÓN

La calidad sensorial de la arepa de maíz blanco varía según la materia prima, el proceso y el tipo de envase especialmente en el sabor y olor a maíz. El tipo de envase incide directamente en el sabor y olor a maíz como sucedió en empaque convencional de polietileno de baja densidad y al vacío en bolsa termocontraíble de Cryovac®.

AGRADECIMIENTOS

Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Antioquia, Convocatoria Temática 2010 “Expedición Antioquia”. Integrantes panel Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos. Universidad de Antioquia.

BIBLIOGRAFÍA

- Carta Pantone. Color Guide paper edition, 1992. ISSN 1-881509-32-X. Pantone. INC. Canadá.
- Espinoza, S., R. Clara, S. Quispe y A. Miguel. 2011 Tecnología de cereales y leguminosas. 1. ed. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 139 p.
- FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Tabla de composición de arepa maíz blanco trillado Colombia – Código: A027. En: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos/busqueda/?clave=A027>. Consulta: el 26 de abril de 2012.
- FENALCE, 2012. Maíz: competitividad y seguridad alimentaria. En: El cerealista. http://fenalce.org/arch_public/cer101.pdf. (Abr. – jun. 2012). 50 – 64p. Consulta: 30 noviembre de 2013.
- FENALCE, 2012. El cultivo del maíz historia e importancia. En: El cerealista. http://www.fenalce.org/arch_public/maiz93.pdf (may. – jun. 2010). 10-19 p. Consulta: 13 de noviembre de 2013.
- Gear, Juan R. E. El maíz y el cultivo en la Argentina. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal., 2006 En: Maizar

- Recopilación de ILSI Argentina Serie de Informes Especiales Vol. II. 4-8 p.
- Imbachí N., C. Paola, D. Gutiérrez, D. Ortiz y H. Pachón. Evaluación del valor nutricional de recetas típicas elaboradas con maíz común y biofortificado en el Departamento del Cauca, Colombia., 2010 En: Salud pública de México. Vol. 52, No. 4
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). NTC 5372. Arepas de Maíz Refrigeradas. Especificaciones de Producto. Bogotá., 2007. 16 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). NTC 3932. Análisis sensorial: Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional. Santa Fe Bogotá. 1996. 33p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). NTC 366. Maíz en grano para consumo. Bogotá. 1999. 8 p.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia, 2006. Bogotá. 2006.
- Martínez A., L. Olga, G. Arcila, P. María. 2006. Factores relacionados con la presencia de Aflatoxinas en la fabricación de la arepa delgada de Maíz blanco en dos industrias de Medellín y su área Metropolitana. Medellín. Maestría en Salud pública. Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública "Héctor Abad Gómez". 216p.
- Silva C. y A. Carlos. 2005 Maíz genéticamente modificado. Primera edición. Bogotá D.C., Colombia: Publicación de Agro-bio. p 60.

Caracterización de Raíces Amarillas de Yuca en Términos de Deterioro Fisiológica Pos Cosecha

Characterization of Yellow Cassava Roots in Terms of Physiological Post Harvest Deterioration

Jorge L. Luna M^{1,2}, Teresa Sanchez¹, Moralba Dominguez G¹, Nelson Morante¹, Luis A. Becerra L. L¹, Dominique Dufour^{1,3}

¹ Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali Colombia, A.A. 6713: ciat@cgiar.org

² Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

³ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement CIRAD. Montpellier Francia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: jlunam@unal.edu.co

Resumen. El Deterioro Fisiológico pos cosecha (DFP) en yuca, genera características indeseables en las raíces frescas, generando pérdidas significativas a nivel de producción y comercialización. La variabilidad genética de *Manihot esculenta* Crantz, permite la búsqueda de genotipos con características de interés en pos cosecha. El objetivo de este estudio fue caracterizar 44 clones amarillos de una misma familia de *Manihot esculenta* Crantz, por contenido de materia seca (MS), Deterioro Fisiológico Pos cosecha (DFP) (%), contenido de ácido cianhídrico (HCN) (ppm), escopoletina (ES) (nmol.g⁻¹), contenido total de carotenoides (CTC) (µg.g⁻¹) y betacaroteno (BC) (µg.g⁻¹) y determinar si existe relación entre cada una de estas características y el DFP. Se cuantificó CTC por NIRs, ES por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), HCN por espectrofotometría y DFP mediante evaluación fenotípica. El DFP osciló entre 0 y 65(%) con media de 13,83%, La ES estuvo entre 25 a 195 y media de 82,32 (nmol/gMS). Se encontró una correlación positiva entre DFP y ES con 37,29%. Se obtuvieron diferentes ecuaciones de regresión lineal múltiple, que permiten explicar el comportamiento del DFP en raíces amarillas.

Palabras claves: *Materia seca, Deterioro, carotenoides, escopoletina.*

Abstract. Physiological Post-harvest Deterioration (PPD) in cassava generates undesirable characteristics in fresh roots, generating losses significant to level of production and marketing. The genetic variability of *Manihot esculenta* Crantz, allow the search for genotypes with characteristics of interest in post-harvest. The aim of this study was to characterize 44 yellow clones of the same family of *Manihot esculenta* Crantz by dry matter content (DM), Physiological Postharvest Deterioration (PPD) (%), hydrogen cyanide (HCN) (ppm), scopoletin (ES) (nmol.g⁻¹), total carotenoids content (CTC) (µg.g⁻¹) and, beta-carotene (BC), and determine the correlation between each of these characteristics and PPD. CTC was quantified by NIRs, ES by HPLC, HCN for spectrophotometry and PPD by phenotypic evaluation. The DFP ranged from 0 to 65 (%) with a mean of 13.83%, the ES was between 25 to 195 and average of 82.32 (nmol/gDM). A positive correlation was found between PPD and ES with

37.29 %. Different multiple linear regression equations that explain the behavior of DFP in yellow roots were obtained.

Key words: Dry matter, Deterioration, carotenoids, scopoletin.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es uno de los alimentos básicos en las zonas tropicales del mundo, desempeñando un papel importante en la seguridad alimentaria a nivel mundial (Montagnac *et al.*, 2009). La yuca es relativamente fácil de cultivar, incluso en suelos pobres y en condiciones de sequía, sin embargo, las raíces presentan una corta vida útil (1-3 días), ocasionada por el deterioro fisiológico pos cosecha (DFP), generando características no palatables e incomedibles, afectando significativamente el valor económico del cultivo (Sánchez *et al.*, 2013), limitando las posibilidades de producción, el tiempo de almacenamiento y transporte hacia el consumidor final. Morante *et al.*, (2010), ha reportado que raíces amarillas reducen el desarrollo del DFP, posiblemente por la actividad antioxidante que confieren los carotenoides.

El objetivo de este estudio fue caracterizar 44 clones amarillos de una misma familia de *Manihot esculenta* Crantz por contenido MS, DFP, HCN, ES, CTC, BC y determinar si existe relación entre cada una de estas características y el DFP (%).

MATERIALES Y METODOS

Materiales. Se seleccionaron 44 clones de yuca, por su variabilidad genética, a partir de una familia de 90 clones, que previamente se habían caracterizado por MS y CTC, que hacen parte del programa de genética de yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cada clon se cosechó a una edad fisiológica de 12 meses, de los cuales se emplearon 9 raíces para los análisis.

Se tomaron tres raíces frescas por clon, se les retiró la epidermis y la pulpa se homogenizó con un procesador de alimentos (SKYSEN MODEL PA-7SE). La pulpa homogenizada, se empleó para determinar MS, HCN, CTC y BC.

Análisis de MS. Se determinó MS de acuerdo al método 925.09 de la AOAC (1995), utilizando aproximadamente 30g de pulpa.

Análisis de HCN Total. Se cuantificó el contenido de HCN por espectrofotometría, de acuerdo a la metodología descrita por Essers *et al.* (1993), empleando 40g de pulpa.

Análisis de CTC y BC. Se determinó el CTC y BC mediante la predicción por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR SYSTEM FOSS 6500 Composite) con medidas de reflectancia en el rango de 400-6500 nm, como lo describe Sánchez *et al.*, (2013).

Evaluación de DFP. La evaluación del DFP se realizó empleando el método descrito por Sánchez *et al.*, (2013), se emplean 6 raíces por clon y se eliminan los extremos distal y proximal a cada raíz, acelerando el proceso. La sección distal se cubre con película plástica, evitando el flujo de oxígeno por ese extremo;

las raíces se almacenan por 5 días. Para calcular el DFP, se cortan 7 rodajas a lo largo de la raíz, iniciando en el extremo proximal, asignando a cada rodaja una puntuación que varía de 1 a 10, correspondiente al porcentaje de coloración oscura observado (1=10%, 2=20%, etc.). El porcentaje promedio de DFP de cada raíz, se obtiene promediando las 7 rodajas.

Cuantificación de ES. La cuantificación de ES se llevó a cabo por Cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC, utilizando la metodología descrita por Sánchez *et al.*, (2013).

Análisis estadístico. Con los datos promedios obtenidos de cada clon se realizaron diagramas de frecuencias de distribución con el software Excel 2007. Se realizaron los procedimientos regresión simple y múltiple con el software SAS versión 3.1 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa la distribución de cada una de las

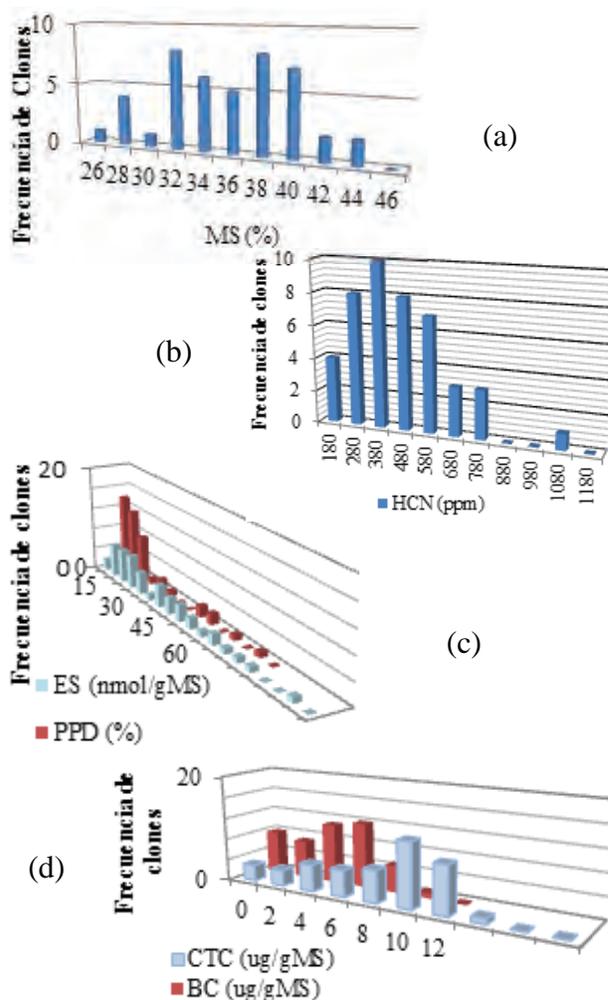


Figura 1. Frecuencias de distribución (a) MS (%); (b) HCN (ppm); (c) ES (nmol/g MS) y DFP (%); (d) CTC y BC ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ MS).

Tabla 1. Análisis de regresión lineal simple y múltiple entre la variable dependiente DFP y las variables MS, ES, CTC y BC.

Ecuación	R ^{2a}	Pr>F*
1) DFP (%) = -21.473 + 0.985MS	0.0684	0.0458
2) DFP (%) = -5.9514 + 0.2418ES	0.3729	< .0001
3) DFP (%) = 25.5312 - 1.3723CTC	0.1463	0.0055
4) DFP (%) = 25.4306 - 2.2516BC	0.1706	0.0028
5) DFP (%) = -47.845 + 1.1346MS + 0.2512ES	0.4819	< .0001
6) DFP (%) = -41.1291 + 1.0943MS + 0.2296ES - 0.4185CTC	0.4824	< .0001
7) DFP (%) = -38.188 + 1.0110 MS + 0.2305ES - 0.6932BC	0.4842	< .0001
8) DFP (%) = 0.9837 + 0.2135ES - 0.5553CTC	0.3808	< .0001
9) DFP (%) = 2.9383 + 0.2075ES - 1.2101BC	0.4071	< .0001

^a Coeficiente de determinación. *Significancia estadística del modelo

características evaluadas, para el total de clones empleados en el estudio. La MS osciló entre 26-44 (%) con media de 36,53%, HCN entre 180-1080 ppm, ES varió de 25-195 nmol/gMS y media de 82,32 nmol/gMS, DFP entre 0-65% cuya media es 13,83%, CTC de 0-14 ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{MS}$) y BC de 0-10 ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{MS}$).

Mediante el análisis de regresión simple, se encontró que las variables que presentan mayor correlación son el DFP y ES con 37,29%. En la Tabla 1 se presentan las ecuaciones obtenidas con el análisis de regresión lineal simple y múltiple, para la variable dependiente DFP (%), siendo las ecuaciones 5, 6 y 7 las que mejor explican el comportamiento del DFP.

Es decir pendientes positivas indican que el DFP, se incrementa a medida que aumenta MS y ES, y viceversa.

CONCLUSIÓN

La variable deterioro fisiológico pos cosecha, presenta una relación positiva con MS y ES; y negativa con el CTC y BC como se presenta en las ecuaciones 5, 6 y 7, resultados que son acordes con Morante *et al.*, (2010), quien reporta que el DFP se reduce con una concentración mínima de 9,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de CTC. Estos resultados abren la posibilidad de continuar la investigación en términos de genética de asociación, entre marcadores moleculares y el DFP, con el propósito de acelerar los procesos de selección de genotipos de interés.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT y al programa de Raíces Bananas y Tubérculos RTB del centro, al Doctor Hernán Ceballos.

BIBLIOGRAFIA

Official Methods of Analysis AOAC. 1995. Method 925.09 Solid (Total) and moisture in flour. Vacuum oven method 3: 32.
Montagnac, J.A., C.R. Davis, and S.A. Tanumihardjo. 2009.

Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Food Science Food Safety*. 8(3): 181–194.

Essers, S.A., M. Bosveld, R.M. Der Van Grift, and A.G.J. Voragen. 1993. Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. *Journal Science of Food Agriculture*. 63(3): 287-296.

Morante, N., T. Sánchez, H. Ceballos, F. Calle, J.C. Pérez, C. Egesi, C.E. Cuambe, A.F. Escobar, D. Ortiz, A.L. Chávez and M. Fregene. 2010. Tolerance to Postharvest Physiological Deterioration in Cassava Roots. *Crop Science*. 50(4): 1333-1338.

Sánchez, T., D. Ortiz, H. Ceballos, D. Dufour, F. Davrieux, N. Morante, F. Calle, T. Zum Felde, L.A. Becerra, P. Chavarriaga and C. Hershey. 2012. Utilization of NIRS and chromameter in selection for increased carotenoids content in cassava roots. In: Poster session. Global Cassava Partnership second scientific Conference GCP21-II. Cassava: overcoming challenges of global climatic change. National Crops Resources Research Institute, Namulonge, Uganda.

Sánchez T., D. Dufour, J.L. Moreno, M. Pizarro, I.J. Aragón, M. Domínguez, H. Ceballos. 2013. Changes in extended shelf life of cassava roots during storage in ambient conditions. *Postharvest Biology and Technology*. 86: 520-528

Evaluación Sensorial de dos Matrices Alimentarias Formuladas con Harina de Cáscaras de Naranja en Diferentes Tamaños de Partícula y Porcentaje de Adición.

ISAZA Stephanie¹; MEJIA Paulina¹; MEJIA Andrea¹; LEGUIZAMO Steffany¹.

1 Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica, Departamento de Alimentos, Grupo de Investigación en Análisis Sensorial. Calle 67 No. 53-108. estefania.isazac@gmail.com

Resumen. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres tamaños de partícula (mezcla de 0,25 y 0,30mm, 0,425mm y mezcla de 0,6 y 0,85 mm) y tres porcentajes de adición (3, 5 y 7%) de harina de cascara de naranja de cultivo orgánico, dentro de dos matrices alimentarias: una galleta y una bebida láctea. Para ello se desarrolló un diseño experimental de diez tratamientos que diferían en las combinaciones de las variables estudiadas. Las variables de la harina de cáscara empleadas en la elaboración de la bebida láctea no permitieron la obtención de un producto con atributos sensoriales característicos, mientras que las galletas presentaron características sensoriales bastante diversas. En la evaluación sensorial se seleccionaron las siguientes muestras por presentar la mejor calidad en atributos sensoriales: Tamaño de partícula 1 (mezcla 0,25 y 0,30mm) con 3% de adición, tamaño de partícula 3 (mezcla 0,6 y 0,85mm) con 3% de adición y tamaño de partícula 3 con 5 % de adición. Las muestras seleccionadas se compararon con una muestra patrón mediante una evaluación sensorial multidimensional y análisis con texturómetro (fuerza de fracturabilidad). La combinación que presentó mejores características sensoriales y de textura, correspondió a 3% de adición con tamaño de partícula mayor.

Palabras clave: Citropulpa, matriz alimentaria, residuos agroindustriales, fibra dietética.

Abstract. We used flour from organic skin orange in the developing of oat milk drink and biscuits, in both experiments we evaluated the performance of two variables: particle size (a mixture of 0.25 and 0.30 mm, 0.425 mm and a mixture of 0.6 and 0.85 mm) and the addition rate flour (3, 5 and 7). The experimental design consisted of ten differed treatments using variables combinations. The skin orange flour used in preparation of the milk beverage was not usefull to obtain characteristic sensory attributes, whereas the cookies, presented quite different sensory characteristics. On sensory evaluation with the expert panel following samples were selected to present best quality in sensory attributes: 1 (mixture 0.25 and 0.30 mm) with 3% addition, particle size 3 (mixture 0.6 and 0.85 mm) with 3% addition and particle size 3 with 5% addition. The selected sample was compared to a standard sample by following sensory evaluation and analysis multidimensional texturometer (fracturability force.)

The results in the addition of flour food matrices depends on the particle size, the addition percentage, drying conditions and matrix that will be applied.

Keywords: Flour, particle size, food matrix, orange peel.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los residuos agroindustriales representa una responsabilidad de los profesionales del área de alimentos en el marco del desarrollo de nuevos productos con valor agregado y de sostenibilidad. Este reto surge debido a que los residuos son un problema no solo ambiental sino económico, donde las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos. Actualmente, se producen más de 120 millones de toneladas de cítricos en todo el mundo. En relación con la producción de las empresas agroindustriales en el ámbito local (Medellín y el sur del Valle de Aburrá), la cantidad total de residuos generados está alrededor de 1,2 tonelada/día, donde los desechos de naranja tienen mayor participación (Restrepo *et al.*, 2011).

Los residuos de la extracción del jugo de naranja son potencialmente una fuente excelente de la fibra dietética, también contienen compuestos bioactivos tales como flavonoides, polifenoles y carotenos (Figuerola *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tamaños de partícula y porcentajes de adición, de una harina de cáscara de naranja en dos matrices alimentarias, y la variación de sus características sensoriales; a fin de motivar su vinculación a diferentes matrices alimentarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Secado y molienda. Se emplearon naranjas variedad "valencia" de cultivo orgánico, adquiridas de la finca "Peña bonita" en Tarso Antioquia. Se lavaron, desinfectaron y se despojaron de su cáscara. El secado de las cáscaras se realizó en estufa de secado convectivo (Salva KWIK-CO) durante 10 horas y media a 60°C. La molienda se realizó en molino de cuchillas Stock No. 4352, tamiz de 20 micras y 1725 rpm.

Tamizado. Se emplearon tamices con números 20, 30, 40, 50 y 60 que arrojan tamaños de partícula correspondientes a 0,85mm, 0,6mm, 0,425mm, 0,3mm y 0,25mm respectivamente. Se trabajó agrupando la harina en tres rangos: Tamaño de partícula 1: mezcla de 0,25mm y 0,30mm. Tamaño de partícula 2: 0,425mm Tamaño de partícula 3: mezcla de 0,6mm y 0,85mm.

Preparación de los productos. Se realizaron combinaciones de tres tamaños de partícula con tres porcentajes de adición de la harina de cáscara de naranja.

Se utilizó una formulación de galleta de mantequilla tradicional, para elaborar la muestra control y las diferentes muestras a las que se les sustituyó parte de la harina de trigo por la harina de cáscara de naranja, en los tres porcentajes de adición establecidos: 3, 5 y 7%.

Para el caso de la avena, se utilizó una formulación estándar, a partir de la cual se elaboró la muestra control y las diferentes muestras en las que se hizo adición de los tres porcentajes de harina de cáscara de naranja establecidos: 3, 5 y 7%.

Análisis sensorial. En la bebida láctea, los porcentajes adicionados generaron una elevada viscosidad. Se realizó una previa selección de las muestras de galleta según atributos sensoriales. Se seleccionaron 3 muestras, las cuales se compararon con una muestra patrón, que corresponde al mismo producto sin adición de cáscara de naranja. Después se realizó un análisis sensorial multidimensional (NTC 3932: 1996) de las muestras seleccionadas. Los análisis fueron realizados por jueces entrenados del panel de análisis sensorial de la Universidad de Antioquia.

Análisis de textura. Se empleó un Texturómetro TA-XT2i (Texture Technologies Corp., NY, USA) con celda de carga de 25 kg. Se realizó una prueba de corte con Cuchilla

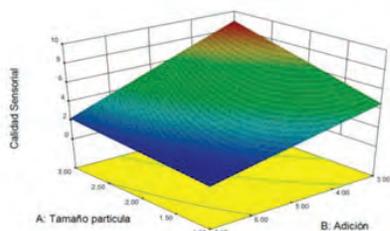


Figura 1. Gráfica de superficie de respuesta para la variable calidad sensorial en función de las variables de estudio: % de adición y tamaño de partícula.

RESULTADOS

Análisis de textura.

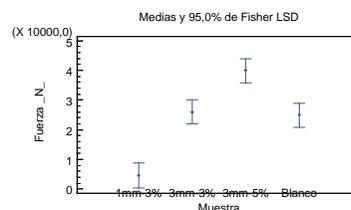


Figura 2. Gráfica de mínima diferencia significativa (LSD) entre “fuerza de fracturabilidad” entre experimento 2 (tamaño de partícula 1, 3% de adición), experimento 4 (tamaño de partícula 3, 3% adición) y experimento 8 (tamaño de partícula 3, 5% adición.) respectivamente. Se comparan con la muestra patrón.

Análisis sensorial multidimensional.

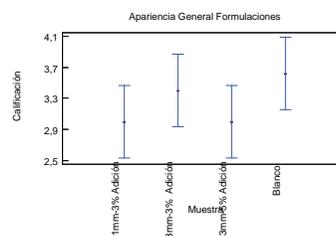


Figura 3. Gráfica de mínima diferencia significativa (LSD) entre las calificaciones de “apariencia general” entre experimento 2 (tamaño de partícula 1, 3% de adición), experimento 4 (tamaño de partícula 3, 3% adición) y experimento 8 (tamaño de partícula 3, 5% adición.) respectivamente. Se comparan con la muestra patrón.

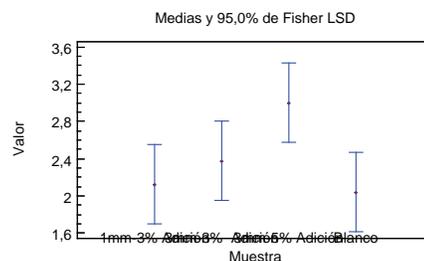


Figura 4. Gráfica de mínima diferencia significativa (LSD) entre las calificaciones para el atributo “sabor” entre experimento 2 (tamaño de partícula 1, 3% de adición), experimento 4 (tamaño de partícula 3, 3% adición) y experimento 8 (tamaño de partícula 3, 5% adición.) respectivamente. Se comparan con la muestra patrón.

Warner Bratzler. Se utilizó una velocidad del cabezal de 1 mm/s y la cuchilla se desplazó 20 mm para garantizar el corte completo de la muestra

Análisis estadístico. Se empleó el método de superficie respuesta central compuesto de cara centrada con 2 factores entre niveles (3-7) para % adición y (0,25-0,85 mm) para tamaño de partícula, generando 10 experimentos con dos puntos centrales para cada producto. Se usó el software Design Expert versión 8.0.6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la bebida láctea tipo avena, se obtuvo un producto con atributos sensoriales no característicos, como resultado de la interacción generada entre la pectina contenida en la harina de cáscarade naranja y los iones de Calcio presentes en la leche. Sin embargo, la formulación con un porcentaje de adición del 3% para los tres tamaños de partícula, por sus atributos sensoriales sugieren un producto cuchareable. En la Figura 1 se muestra la calificación de calidad sensorial dada por los jueces; en ella se observa una mejor calificación a un mayor tamaño de partícula y menor porcentaje de adición, mientras que la calificación de calidad sensorial disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de adición y disminuye el tamaño de partícula. Un resultado similar reportaron Fernández *et al.*, 2004, quienes trabajaron con harina de cascara de limón en diferentes porcentajes de adición dentro de una matriz cárnica, encontrando como valor óptimo de adición, valores entre 2,5 y 5% trabajando con un tamaño de partícula de 1 a 3mm.

La galleta del experimento 2, fue la más frágil y suave, por lo que se requirió de menor fuerza para su fractura. Los resultados obtenidos sensorialmente para la textura de las galletas (Figura 5), presentan un comportamiento similar a la figura 2, lo que deja ver que menor fuerza de fracturabilidad está relacionada con la reducción de la crocancia y con la disminución de la calidad de su textura.

CONCLUSIÓN.

Los resultados obtenidos en la introducción de harinas en matrices alimentarias difieren según su origen, el método y temperatura de secado, el tamaño de partícula, el porcentaje de adición y la matriz en la que se incorpora. Mientras que los tamaños de partícula mayores confirieron buenos sabores y olores a la galleta, los tamaños menores, confirieron características de textura de reducida calificación de calidad sensorial.

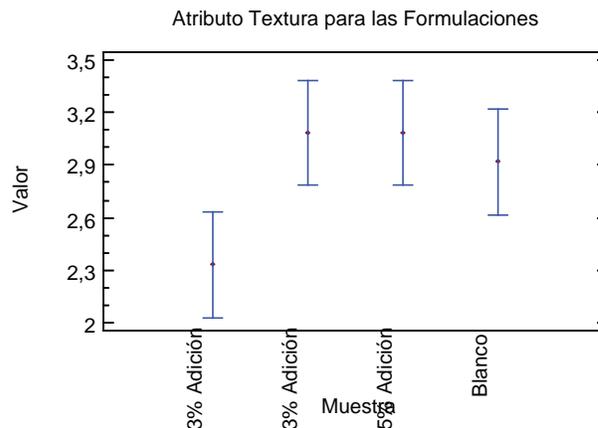


Figura 5. Gráfica de mínima diferencia significativa (LSD) entre las calificaciones para el atributo "textura" entre experimento 2 (tamaño de partícula 1, 3% de adición), experimento 4 (tamaño de partícula 3, 3% adición) y experimento 8 (tamaño de partícula 3, 5% adición.) respectivamente. Se comparan con la muestra patrón.

BIBLIOGRAFÍA

- ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC. 3932. Análisis Sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por aproximación multidimensional. 1996.
- Figuerola, F., M.L Hurtado, A.M. Estevez and A.F. Chiffellelalo. 2013. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment, En: Innovative Food Science and Emerging Technologies 18: 89–94.
- Restrepo. A.M., E. Rodríguez y K. Manjarrés. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales, En: Producción + Limpia, 6: 47 – 57.

Evaluación Mediante Nariz Electrónica de Mieles Producidas en Cultivos de Café en Colombia

Evaluation of Bee Honey Produced in Coffee Crops in Colombia Using Electronic Nose

Ana Ruby Correa Mosquera¹; Carlos Mario Zuluaga-Domínguez²; Andrea Nieto Veloza³

¹ Estudiante Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA. Bogotá D.C. – Colombia. arcorream@unal.edu.co

² Candidato a Doctor en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Bogotá D.C. – Colombia. cmzuluagad@unal.edu.co

³ Ingeniera Química. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA. Bogotá D.C. – Colombia. canietov@unal.edu.co

Resumen. El aroma es un atributo muy importante para la caracterización de la miel, identificación de fuentes florales y regionales. En este estudio, los perfiles aromáticos de 34 mieles de cultivos de café convencional y 58 mieles de cultivos con certificación orgánica provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta fueron determinados utilizando nariz electrónica con un arreglo de 10 sensores de óxido metálico. Las repuestas obtenidas fueron analizadas mediante Principal Component Analysis (PCA). No se encontraron diferencias en los perfiles aromáticos entre las mieles de los dos tipos cultivos de café. Lo cual puede ser un indicio de Buenas Prácticas Orgánicas inclusive por parte de los productores convencionales.

Palabras clave: Perfil aromático, cultivo orgánico, convencional

Abstract. Aroma is very important for the characterization of honey, identification of floral and regional origin. In this study, aromatic profile of 34 honeys from conventional coffee crops and 58 honeys from organic certification crops of the Sierra Nevada de Santa Marta were determined with electronic nose of 10 metal oxide sensors. The responses obtained were analyzed using PCA. No differences in aroma profiles between the two types of honey coffee crops were found. This may be an indication of Good Organic Practices even by conventional producers.

Key words: Aromatic profile, organic crop, conventional

INTRODUCCIÓN

El aroma es una propiedad importante en la calidad de las mieles. Sin embargo, su extracción y evaluación ha implicado la utilización de técnicas complejas y costosas, como cromatografía en fase gaseosa, espectrometría de masas acoplada a la olfatometría (HS-SPME-GC-MS) (Alissandrakis *et al.*, 2003). La nariz electrónica es un equipo basado en un arreglo de sensores químicos de diferentes selectividades,

acoplado a un sistema de reconocimiento de patrones capaces de interpretar las señales emitidas por tales sensores y producir una huella digital del producto (Buratti *et al.*, 2011, Zuluaga *et al.*, 2013). El conjunto de detectores se compone de 10 sensores de óxidos metálicos (MOS) de diferentes composiciones químicas y espesores para proporcionar selectividad hacia clases de compuestos volátiles: W1C (Compuestos aromáticos), W5S (amplio rango, reacciona ante óxido nitroso y ozono), W3C (Compuestos aromáticos), W6S (Gases de respiración, H₂, O₂ y CO₂), W5C (Alcanos), W1S (Metano), W1W (Terpenos y compuestos orgánicos azufrados), W2S (Alcoholes), W2W (Compuestos orgánicos azufrados) y W3S (Metano y compuestos alifáticos). El límite de detección de los sensores está en el rango de 1 ppm principalmente compuestos aromáticos con estructura de anillo, compuestos orgánicos azufrados, metano, hidrógeno, alcohol e hidrocarburos.

En varios estudios se ha utilizado la nariz electrónica para analizar y discriminar mieles de acuerdo a la especie de la abeja productora (Zuluaga *et al.*, 2013), origen floral y geográfico (Ampuero *et al.*, 2004). Otros investigadores han utilizado la nariz electrónica para monitorear la contaminación ambiental y detectar concentraciones muy bajas de insecticidas y otros contaminantes en aguas residuales (Baby *et al.*, 2000). A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta el valor emblemático del café procedente de Colombia y la peculiaridad que adquieren los productos apícolas por el hecho de tener ubicadas las colmenas en cultivos de café con este tipo de reconocimiento, en este trabajo se propone evaluar el perfil aromático de mieles de esta zona mediante el uso de una nariz electrónica. Este perfil, a su vez ha sido comparado con mieles originarias de cultivos de café convencionales, es decir sin certificación orgánica.

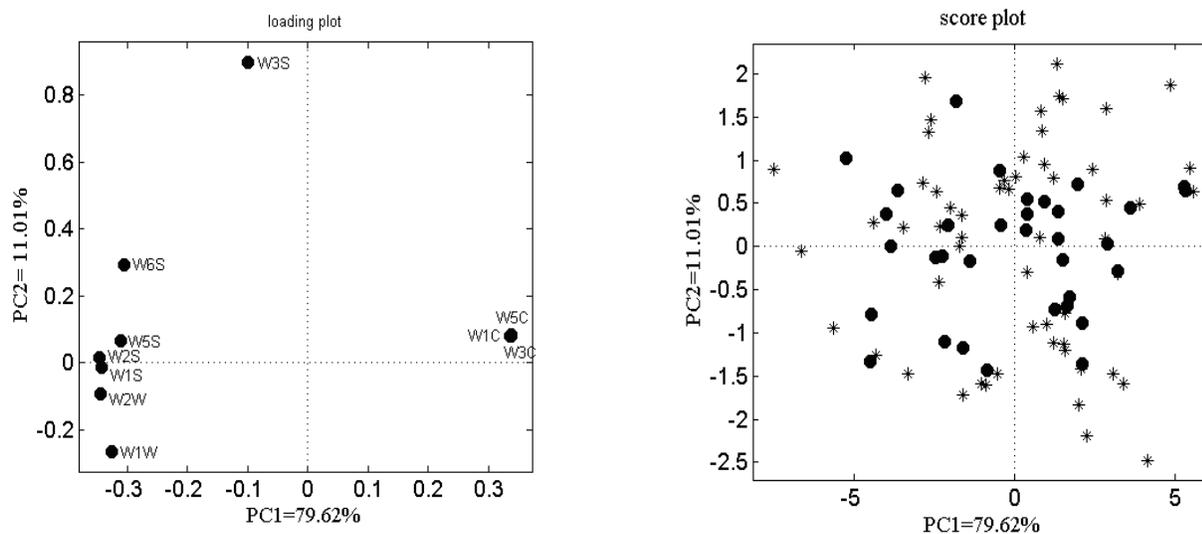


Figura 1. PCA de la respuesta de los sensores de Nariz electrónica de mieles •Convencional, *Orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Para este estudio se analizaron 92 muestras de miel de *Apis mellifera* provenientes de la zona cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, de las cuales 34 pertenecen a cultivos de café convencional y 58 a cultivos de café con certificación orgánica.

Determinaciones. El perfil aromático de las mieles fue determinado con una nariz electrónica portátil comercial Airstense Analytics GmbH PEN3 (Schwerin, Alemania) con un arreglo de 10 sensores semiconductores de acuerdo a la metodología descrita y validada por Zuluaga *et al.*, (2011). La respuesta obtenida es registrada por los sensores a través del software del equipo, que es expresada cuantitativamente como un valor de conductancia, obteniéndose al final una matriz de datos de “m” columnas por “n” filas, donde las “m” columnas representan el número de sensores que posea la nariz electrónica y “n” el número de muestras. Los resultados, por ende, fueron analizados en PCA (Principal Component Analysis) utilizando el software MATLAB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el PCA se encontró que los dos primeros componentes principales logran explicar el 90,61% de la varianza total. En la Figura 1, se ilustran las relaciones existentes entre las muestras de miel de cultivos de café convencional, mieles orgánicas y los sensores de la nariz electrónica, en el que se puede apreciar que no hay diferencia en el perfil aromático entre las mieles obtenidas de estos dos tipos de cultivos de café.

Un estudio realizado por Rodríguez *et al.*, (2014) reportan presencias de residuos de pesticidas, en muestras de miel recolectadas en el año 2011, en el departamento del Magdalena (parte de la Sierra Nevada de Santa Marta), aunque las trazas de residuos de pesticidas no superaron los límites permitidos. Al demostrar en este estudio que los perfiles aromáticos de las mieles convencionales y orgánicas no difieren entre sí, se podría indicar que los caficultores de cultivos convencionales de la Sierra Nevada de Santa Marta, han ido avanzando en la implementación de las buenas prácticas orgánicas. Sería conveniente realizar un análisis especializado de pesticidas a los dos tipos de mieles, para confirmar la efectividad de la nariz electrónica en la discriminación de las mieles de acuerdo al tipo de cultivo.

CONCLUSIÓN

No se encontraron diferencias entre los perfiles aromáticos de las mieles de cultivos de café convencionales y las mieles de cultivos de café con certificación orgánica provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, lo cual puede ser un indicio de Buenas Prácticas Orgánicas inclusive por parte de los productores convencionales. La nariz electrónica es una herramienta rápida y sencilla para discriminar tipos de miel de acuerdo a las prácticas agronómicas de los cultivos de donde se obtiene la miel. En futuras investigaciones, resultaría conveniente realizar una verificación de las buenas prácticas orgánicas utilizando técnicas especializadas de detección de pesticidas en mieles con la misma procedencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alissandrakis, E., D. Daferera, P.A. Tarantilis, M. Polissiou and P.C. Harizanis. 2003. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from citrus flowers and citrus honey. *Food Chemistry*. 82(4): 575–582.
- Ampuero, S., S. Bogdanov, and J.O. Bosset. 2004. Classification of unifloral honeys with an MS-based electronic nose using different sampling modes: SHS, SPME and INDEX. *Eur. Food Res. Technol.* 218(2): 198–207.
- Baby, R.E., M. Cabezas and E.N. Walsoe de Reza. 2000. Electronic nose: a useful tool for monitoring environmental contamination. *Sensors Actuators Chemical*. 69(25): 214–218.
- Buratti, S., D. Ballabio, G. Giovanelli, C.M. Dominguez, A. Moles, S. Benedetti and N. Sinelli. 2011. Monitoring of alcoholic fermentation using near infrared and mid infrared spectroscopies combined with electronic nose and electronic tongue. *Analytica Chimica Acta*. 697(1-2): 67–74.
- Rodríguez, D., D.A. Ahumada, A.C. Díaz and J.A. Guerrero. 2014. Evaluation of pesticide residues in honey from different geographic regions of Colombia. *Food Control*. 37: 33–40.
- Zuluaga, C.M., P. Vit, S. Drummond, A.C. Díaz y M.C. Quicazán. 2013. Perfil aromático y contenido de humedad como parámetros discriminantes para la clasificación quimiométrica de mieles de pote de diferentes especies de Meliponini. pp. 1–8. En Vit P e Roubik DW, eds. *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*. Fac. Farm. y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Zuluaga, C., C. Díaz and M. Quicazán. 2011. Standardising and validating aromatic profile analysis by an electronic nose. *Ing. e Investig.* 31: 65–73.

Evaluación de la Aptitud para Consumo en Fresco de los Genotipos de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) de la Colección de la Universidad de Nariño.

Suitability Evaluation for Fresh Consumption of Cape Gooseberry (Physalis peruviana L.) Genotypes from Nariño University Collection

Ana C., Fuertes-Estrada¹; Odila M., Diaz-Yampuezan¹; Rene C., Arevalo-Martinez²
Vladimir E., Vallejo-Castillo^{3*} Tulio C., Lagos-Burbano²

¹ Programa de ingeniería Agroindustrial. Facultad Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

² Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos – GPFA. Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de ciencias agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto-Colombia

³ Grupo de Investigación Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos – GIIDOP. Departamento de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería. Universidad Mariana. Pasto-Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: vevallejo@umariana.edu.co

Resumen. En este estudio se evaluó la aptitud de 18 genotipos de uchuva (*P. peruviana* L.) para el consumo en fresco de la colección de la Universidad de Nariño, en cuanto a las variables tamaño, peso, color, Brix, pH, acidez total, contenido de vitamina C. Nuestros resultados indicaron que el genotipo KENYA, fue el genotipo con mayor aptitud debido a que presentó mayor homogeneidad en todas las variables con un peso de 6,17 g, tamaño transversal 2,11 mm, tamaño longitudinal 2,15 mm, sólidos solubles 14,70, pH 3,66, acidez total 1,88%, vitamina C 48,72 mg/100 g.

Palabras clave: CIELAB, sólidos solubles, ácido ascórbico.

Abstract. In this study the suitability of 18 genotypes of Cape gooseberry (*P. peruviana* L.) for fresh consumption from

Nariño University collection was evaluated in terms of the variables size, weight, color, Brix, pH, total acidity, vitamin C. The results indicated that KENYA genotype was the one with higher fitness because they present greater homogeneity in all variables with a weight of 6.17 g, transverse size 2.11 mm, 2.15 mm longitudinal size, soluble solids 14, 70, pH 3.66, 1.88% total acidity, vitamin C 48.72 mg/100 g.

Keywords: CIELAB, soluble solids, ascorbic acid.

INTRODUCCIÓN

La uchuva (*P. peruviana* L.), se caracteriza por tener un fruto azucarado principalmente por sacarosa, glucosa y fructosa, buen contenido de vitaminas A, B y C (Mendoza *et al.*, 2012). Esta fruta posee características fisicoquímicas

y organolépticas que la hacen un fruto apetecido para consumo en fresco (Ortiz y Pinchao, 2012). En Colombia, solo se conocen genotipos procedentes de diferentes regiones, que se diferencian por el tamaño, el color, el sabor, la forma del cáliz y el porte de la planta, pero no se ha realizado una adecuada valoración para su consumo en fresco. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la aptitud para consumo en fresco de los genotipos de uchuva (*P. peruviana* L.) de la colección de la universidad de Nariño de acuerdo a la norma técnica colombiana 4580.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Los frutos empleados para esta investigación están descritos en la Tabla 1 (estado de madurez 4 y 5), estos fueron cultivados en la granja experimental Botana perteneciente al Grupo Producción Frutales Andinos (GPFA) de la Universidad de Nariño, localizada en Pasto (Nariño).

Selección de los genotipos. Se seleccionaron los mejores genotipos de uchuva (*P. peruviana*) teniendo en cuenta los requisitos de uchuva de la NTC 4580.

Determinación de variables. Se evaluaron las siguientes variables: peso de baya madura en g (PBM), tamaño transversal (TTB) y tamaño longitudinal (TLB) en mm con un calibrador pie de rey con precisión 0,05 (Madriñan *et al.*, 2010). Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas se realizó una maceración de los frutos con un mortero. El zumo obtenido se filtró y se determinó pH y acidez total (%ácido cítrico) según la NTC 4623; los sólidos solubles totales (SST) de acuerdo a la NTC 4580 y el contenido de vitamina C (mg/100g) según la AOAC 967.21. El índice de color (IC) se estableció de acuerdo a la metodología descrita por Márquez *et al.* (2009), utilizando la Ec. 1:

$$IC = 1000 \frac{a *}{L \times b *}$$

Diseño experimental. Se empleó un diseño unifactorial, teniendo como factor cada una de los genotipos y como variables de respuesta, PBM, TTB, TLB, SST, pH, acidez total, IC y contenido de vitamina C; para encontrar diferencias significativas, se utilizó un análisis de varianza para luego aplicar la prueba de comparación múltiple de *Tukey* con una probabilidad $p < 0,05$. Se realizaron seis determinaciones para cada variable y el análisis de resultados se realizó mediante el programa Statgraphics® Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la Tabla 1, no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los 18 genotipos en cuanto al PBM, TTB y TLB. El genotipo que presentó mayor PBM fue KENYA mientras que el menor fue UN35. En cuanto a las dimensiones TTB y TLB se tiene al genotipo UN45 con menores diámetros; por el contrario KENYA fue el que presentó mayor valor para estas dimensiones.

Los genotipos que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en SST fueron UN45, UN52, COLOMBIA (COLO), SILVANIA (SILVA), NEIRA y PURACE con valores superiores a los intervalos recomendados por la NTC 4580; siendo óptimos solamente para KENYA debido a que los datos presentados se encuentran dentro de los rangos establecidos en la NTC 4580 y por el contrario UN26 presentó el menor valor. En la Tabla 1 se observa que el pH presenta diferencias estadísticamente significativas en UN19 y UN45 teniendo en cuenta el valor 3,72 reportado por Mendoza *et al.* (2012). La acidez total presentó diferencias significativas en los genotipos SILVANIA (SILVA) y UN19, mientras que UN14, UN30, UN34 y KENIA tienen valores similares a lo establecido en la NTC 4580. El contenido de vitamina C presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para NEIRA y MORALES (MORA) valores superiores a los reportados por Mendoza *et al.* (2012). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los 18 genotipos (Tabla 1) para el índice de color. Los valores encontrados están dentro del intervalo de color $0 < IC < 7$ el cual presentó un color anaranjado. El genotipo UN26 fue el que presentó el mayor IC. Teniendo en cuenta que en la NTC 4580 los estados de madurez 4 y 5 corresponde a un color anaranjado. KENYA es el genotipo apto para consumo en fresco debido a que sus valores presentados son los más cercanos a lo reportado por Morillo *et al.* (2011) y a la NTC 4580.

CONCLUSIÓN

KENYA fue el genotipo que presentó mayor aptitud en cuanto a PBM, SST, acidez total e IC ya que los resultados obtenidos fueron similares a los valores establecidos por la NTC 4580, la cual describe los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir la uchuva (*P. peruviana* L.), destinada para el consumo en fresco o como materia prima para procesamiento industrial. Cabe resaltar que todos los genotipos estudiados presentaron un alto contenido de ácido ascórbico siendo este un nutriente esencial para el ser humano.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los diferentes genotipos de uchuva en fresco (valores corresponden a: media \pm desviación estándar).

Variedad	PBM	TTB	TLB	°Brix	pH	A. Total	Vit. C	IC
UN19	4,59 \pm 0,12 ^{bcd}	2,02 \pm 0,16 ^{cde}	1,87 \pm 0,12 ^{bc}	15,31 \pm 0,50 ^{abc}	3,53 \pm 0,11 ^{ab}	1,57 \pm 0,05 ^a	31,08 \pm 6,34 ^{ab}	1,27 \pm 0,26 ^a
UN30	4,25 \pm 0,39 ^{bcd}	1,76 \pm 0,08 ^{ab}	1,71 \pm 0,10 ^{abc}	15,38 \pm 0,50 ^{abc}	3,54 \pm 0,04 ^{abc}	1,96 \pm 0,03 ^{de}	50,40 \pm 5,04 ^{cdefgh}	1,25 \pm 0,16 ^a
UN34	4,32 \pm 0,37 ^{bcd}	1,80 \pm 0,06 ^{ab}	1,73 \pm 0,04 ^{abc}	15,54 \pm 0,29 ^{bc}	3,72 \pm 0,02 ^d	1,90 \pm 0,03 ^d	61,32 \pm 5,25 ^{gh}	1,29 \pm 0,15 ^{ab}
UN36	3,94 \pm 0,28 ^{abc}	1,81 \pm 0,06 ^{ab}	1,66 \pm 0,08 ^a	15,92 \pm 0,51 ^{bc}	3,54 \pm 0,04 ^{abc}	2,16 \pm 0,12 ^{ef}	51,24 \pm 3,85 ^{cdefgh}	1,64 \pm 0,25 ^{abcd}
UN45	5,25 \pm 0,50 ^{ef}	1,69 \pm 0,08 ^a	1,64 \pm 0,12 ^a	16,16 \pm 0,28 ^c	3,48 \pm 0,16 ^a	1,65 \pm 0,05 ^{abc}	59,64 \pm 8,10 ^h	1,75 \pm 0,2 ^{abcde}
UN52	4,52 \pm 0,13 ^{bcd}	1,92 \pm 0,03 ^{bcd}	1,81 \pm 0,08 ^{abcd}	16,02 \pm 1,05 ^{bc}	3,61 \pm 0,02 ^{abcd}	1,80 \pm 0,08 ^{bcd}	38,64 \pm 1,45 ^{bcg}	1,84 \pm 0,09 ^{cde}
UN35	3,32 \pm 0,90 ^a	1,84 \pm 0,08 ^{abc}	1,74 \pm 0,04 ^{abc}	14,85 \pm 1,55 ^{abc}	3,65 \pm 0,01 ^{bcd}	2,16 \pm 0,12 ^{ef}	50,40 \pm 5,04 ^{cdefgh}	1,85 \pm 0,1 ^{cde}
UN13	3,80 \pm 0,14 ^{ab}	1,85 \pm 0,04 ^{abc}	1,68 \pm 0,07 ^{ab}	14,26 \pm 0,28 ^{ab}	3,65 \pm 0,01 ^{bcd}	2,24 \pm 0,09 ^f	58,80 \pm 7,27 ^{fgh}	1,94 \pm 0,14 ^{cde}
UN26	3,80 \pm 0,09 ^{ab}	1,92 \pm 0,03 ^{bcd}	1,81 \pm 0,06 ^{abcd}	13,61 \pm 0,29 ^a	3,67 \pm 0,02 ^{bcd}	2,28 \pm 0,02 ^f	57,12 \pm 2,91 ^{efgh}	2,58 \pm 0,07 ^g
UN14	4,47 \pm 0,07 ^{bcd}	1,85 \pm 0,02 ^{abc}	1,81 \pm 0,01 ^{abcd}	14,87 \pm 0,52 ^{abc}	3,59 \pm 0,01 ^{abcd}	1,88 \pm 0,06 ^d	60,48 \pm 2,52 ^{fg}	2,21 \pm 0,17 ^{difg}
UN03	5,59 \pm 0,03 ^{fg}	1,80 \pm 0,02 ^{ab}	1,72 \pm 0,01 ^{abc}	14,81 \pm 0,52 ^{abc}	3,66 \pm 0,02 ^{bcd}	1,61 \pm 0,06 ^{ab}	46,20 \pm 1,45 ^{cde}	1,99 \pm 0,19 ^{cdef}
COLO	4,71 \pm 0,04 ^{cdef}	1,88 \pm 0,02 ^{bcd}	1,84 \pm 0,02 ^{bcd}	16,32 \pm 0,51 ^c	3,67 \pm 0,01 ^{bcd}	1,65 \pm 0,02 ^{abc}	43,68 \pm 1,45 ^{cd}	2,09 \pm 0,18 ^{cdefg}
PERU	5,58 \pm 0,08 ^{fg}	1,91 \pm 0,02 ^{bcd}	1,86 \pm 0,01 ^{cd}	15,08 \pm 0,28 ^{abc}	3,60 \pm 0,01 ^{abcd}	2,16 \pm 0,12 ^{ef}	49,56 \pm 1,45 ^{cdefg}	2,12 \pm 0,07 ^{cdefg}
SILVA	6,31 \pm 0,21 ^g	1,75 \pm 0,02 ^{ab}	1,78 \pm 0,01 ^{abcd}	16,33 \pm 0,76 ^c	3,61 \pm 0,01 ^{abcd}	2,53 \pm 0,06 ^g	51,24 \pm 3,85 ^{cdefgh}	1,52 \pm 0,12 ^{abc}
MORA	4,85 \pm 0,06 ^{def}	1,88 \pm 0,01 ^{bcd}	1,80 \pm 0,01 ^{abcd}	14,83 \pm 0,51 ^{abc}	3,70 \pm 0,01 ^d	1,67 \pm 0,02 ^{abc}	62,16 \pm 1,45 ^h	2,04 \pm 0,07 ^{cdef}
NEIRA	4,83 \pm 0,09 ^{cdef}	1,88 \pm 0,01 ^{bcd}	1,81 \pm 0,01 ^{abcd}	16,34 \pm 0,50 ^c	3,69 \pm 0,01 ^{cd}	1,80 \pm 0,03 ^{bcd}	26,04 \pm 1,45 ^a	1,81 \pm 0,23 ^{bcd}
PURACE	4,40 \pm 0,02 ^{bcd}	2,03 \pm 0,05 ^{de}	1,94 \pm 0,04 ^d	15,85 \pm 0,50 ^{bc}	3,61 \pm 0,01 ^{abcd}	1,82 \pm 0,05 ^{cd}	49,56 \pm 1,45 ^{cdefg}	2,15 \pm 0,31 ^{cdefg}
KENYA	6,17 \pm 0,07 ^g	2,11 \pm 0,03 ^e	2,15 \pm 0,02 ^e	14,70 \pm 0,30 ^{abc}	3,66 \pm 0,01 ^{bcd}	1,88 \pm 0,06 ^d	48,72 \pm 1,45 ^{cdef}	2,47 \pm 0,07 ^{fg}

* Medidas con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales ($p < 0,05$).

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas NTC 4580. Frutas frescas. Uchuva especificaciones. 1999. Bogotá D.C.
- Madríñan, C., J. Muñoz, H. Vásquez, y N. Barrera. 2010. Caracterización morfológica de 29 introducciones de *Physalis peruviana* L. de la colección de trabajo de la Universidad nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de ciencias agropecuarias, 1: 68–75.
- Márquez, C., O. Trillos, J. Cartagena y J. Cortes. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista de la facultad de Química Farmacéutica, 16(1): 42-48.
- Mendoza, J., A. Rodríguez, y P. Millan. 2012. Caracterización fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 10(2): 188–196.
- Morillo, A., D. Villota, T. Lagos y H. Ordoñez. 2011. Caracterización Morfológica y Molecular de 18 Introducciones de Uchuva *Physalis peruviana* L. de la Colección de la Universidad de Nariño. Revista Fac. Nal. Agr. Medellín, 64(2): 6043–6053.
- Ortiz, Y. y Y. Pinchao. 2012. Evaluación de los efectos de la pasteurización sobre la inactivación de la enzima Pectinmetilesterasa y las características fisicoquímicas y sensoriales del Zumo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Universidad de Nariño. 24-25.

Influencia de Marca y Preferencia de sabor de Leches Saborizadas en Población Infantil de Montería

Flavor Preference and Brand Influence of Flavored Milks in Montería's Infant Population

Cláudia D. De Paula¹; Marisol P. Márquez²; Ana M. Pérez³; Yen M. Pineda⁴

¹ Nutricionista-Dietista, Ph.D. en Ciencia y Tecnología de los alimentos, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de alimentos, Universidad de Córdoba, Dirección: Carrera 6 No. 76-103 Montería- Córdoba, Tel: (4) 7860151. cdepaula@correo.unicordoba.edu.co.

² Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Córdoba.

³ Ingeniero de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Córdoba.

⁴ Profesional en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Córdoba.

Resumen. La leche es un alimento fundamental para los niños que se encuentran en la etapa de crecimiento y desarrollo; las leches saborizadas tienen alta demanda entre los niños debido a sus características organolépticas: además, se espera que su demanda siga aumentando por lo que es importante conocer la aceptación y preferencia de este producto. El objetivo del estudio fue determinar la influencia de tres marcas comerciales y la preferencia de tres sabores (chocolate, fresa y vainilla) de leche, en una población infantil de la ciudad de Montería. Fue aplicado un test ciego y con información de marca a 30 consumidores de una escuela pública de Montería utilizando una escala "Me gusta mucho" (5) a "Me disgusta mucho" (1). Además se realizó una prueba de ordenamiento preferencia de sabor. Los datos se analizaron con Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Tukey ($p \leq 0,05$) y los datos de la prueba de ordenamiento preferencia fueron analizados por el método de Friedman ($p \leq 0,05$). Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre el test ciego e informado, de los sabores fresa y vainilla, pero sí existe influencia de la marca para el sabor chocolate. De igual forma se determinó que el sabor que menos gusta a la población infantil fue el chocolate y que no existe una preferencia marcada por el sexo.

Palabras claves: Leche, Aceptación, escala hedónica, ordenamiento preferencias.

Abstract. Milk is an essential food for children in growth and development stage; flavored milks have high demand among children due to their organoleptic characteristics; additionally, it is expected that its demand continue increasing therefore is important to know the acceptance and preference for this product. The aim of this study was to determine the influence of three trademarks and preference of three flavors (chocolate, strawberry and

vanilla) of milk in a child population of the Montería city. A blind and brand information test was applied to 30 consumers in public schools in Montería by using a scale "I like very much" (5) "I dislike very much" (1). Furthermore, a taste preference ordering test was carried out. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and Tukey test ($p \leq 0.05$), the test data of sorting preference were analyzed by the Friedman method ($p \leq 0.05$). The results show no significant differences ($p \geq 0.05$) between blind and informed test of strawberry and vanilla flavors, but there is influence of brand for chocolate flavor. Additionally, chocolate was the flavor highly disliked by the children population and there is not marked preference by gender.

Key words: Milk, acceptance, hedonic scale, preference ranking.

INTRODUCCIÓN

Las leches saborizadas son demandadas especialmente por los niños gracias a sus propiedades organolépticas: colores vistosos, sabores dulces y olores agradables (Zapata y Espinosa, 2010). En estudio realizado por PROFECO (2006) sobre diferentes marcas de este producto, se reafirmó que representa una buena forma de promover el consumo de leche, ya que aumenta su aceptación al agregarle sabores que resultan atractivos, utilizar empaques llamativos y presentaciones en tamaños que facilitan su compra y traslado.

Por otra parte se sabe que hoy, la decisión de compra se conduce más por factores emocionales asociados a la marca que por el precio o la funcionalidad (Diez, 2013) y es aplicable a los niños como consumidores, que comienzan el aprendizaje de las tácticas de elección mediante la observación de las conductas de los padres (González,

2003). De Pelsmaeker, (2013) en estudio realizado con niños, demostró que el gusto es un factor importante en el consumo de leche saborizadas y otros alimentos, superando el aspecto nutricional y de salud, y mostró una fuerte relación entre las marcas y las emociones al momento de la elección. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la marca y preferencia de sabor de leches saborizadas en población infantil de Montería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las leches saborizadas se adquirieron en supermercados de la ciudad de Montería – Córdoba. Se utilizaron 3 marcas de sabores vainilla, fresa y chocolate. Se realizó un análisis sensorial de aceptación por sabor, empleando una escala hedónica mixta de 5 puntos (5 “me gusta mucho” a 1 “me disgusta mucho”), en dos modalidades: un test ciego (no se informa la marca) y uno informado, en cuatro sesiones. Los catadores consumidores fueron 30 niños entre los 9 y 12 años de edad de una escuela pública de la ciudad. De igual forma se ejecutó un análisis sensorial de ordenamiento preferencia de sabor (1 “más preferido” y 3 “menos preferido”).

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA), utilizando un diseño experimental completamente al azar y test de Tukey ($p \leq 0,05$) con SAS v9.1 y análisis estadístico por el método de Friedman ($P \leq 0,05$), para el test de ordenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El test ciego reveló (ver Tabla 1) que solo existen diferencias significativas para el sabor chocolate entre la marca 2. Las calificaciones están en el rango de “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” para las leches con sabor vainilla y fresa, y “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta moderadamente” para el sabor chocolate.

Al comparar los resultados del test informado de cada sabor (Tabla 1), no se evidenciaron diferencias significativas entre las marcas, contrario al test ciego. Los sabores vainilla y fresa no reportaron variación para los diferentes test. Gie *et al.*, (2010) sugiere que los niños de 5 a 10 años tienen preferencias de sabor estables. La influencia de marca, para el sabor chocolate se puede explicar, si tenemos en

cuenta que el chocolate, café y otros productos como la cerveza, presentan cierto grado de amargor que puede representar un atributo negativo (Varela *et al.*, 2013), pero que al momento de revelar la marca, esta influyo de forma positiva en una mejor puntuación, ya que es la más conocida, es nacional, más económica y por tanto más accesible a los niños de un estrato socioeconómico bajo. La Marca 1 es desconocida para esta población y la Marca 3 es conocida pero con un mayor costo en el mercado, lo que limita su acceso.

Prueba ordenamiento preferencia. Se evidencio que no existió diferencia significativa entre la preferencia de los sabores fresa y vainilla, pero estos si difieren del chocolate (menos preferida), siendo que el sexo masculino prefieren el sabor vainilla y el femenino el sabor fresa. Para ambos sexos, el sabor chocolate fue el menos preferido, coincidiendo con el análisis de comparación de medias del test ciego y con estudios anteriores donde se concluye que el chocolate presenta cierto grado de amargor que puede convertirse en un atributo negativo (Varela *et al.*, 2013) y que cuando los niños son libres de escoger, sus elecciones de alimentos son determinadas en mayor parte por su preferencia de sabor (Gie *et al.*, 2010).

CONCLUSIÓN

En esta investigación se determinó que la marca influyó negativamente en la aceptación del sabor chocolate, para niños de ambos sexos, mientras que los sabores vainilla y fresa fueron los de mayor preferencia.

Tabla 1. Medias de gusto para las marcas evaluadas en test ciego y test informado.

VAINILLA					
M1C	4,28 ^a	M2C	4,62 ^a	M3C	4,48 ^a
M1I	3,72 ^a	M2I	4,76 ^a	M3I	4,37 ^a
FRESA					
M1C	4,38 ^a	M2C	4,34 ^a	M3CI	4,76 ^a
M1I	4,45 ^a	M2I	4,21 ^a	M3I	4,71 ^a
CHOCOLATE					
M1C	4,14 ^a	M2C	3,17 ^b	M3C	4,24 ^a
M1I	3,90 ^a	M2I	4,31 ^a	M3I	3,62 ^a

Letras iguales indican diferencias no significativas, según test de Tukey (5% probabilidad). M1C = Marca 1 test ciego, M2C = Marca 2 test ciego, M3C = Marca 3 test ciego; M1I = Marca 1 test informado, M2I = Marca 2 test informado, M3I = Marca 3 test informado.

BIBLIOGRAFIA

- De Pelsmaeker, S., J. Schouteten and X. Gellynck. 2013. The consumption of flavored milk among a children population. The influence of beliefs and the association of brands with emotions. *Appetite* 71 (1): 279–286.
- Díez López, C.M. 2013. Marketing Olfativo. Tesis en Administración y dirección de empresas. Facultad de Ciencias económicas y empresariales. Universidad de León. España. 136p.
- Gie, D., L. Zandstra and A. Thomas. 2010. Prediction of children's flavour preferences. Effect of age and stability in reported preferences. *Appetite* 55(1): 69–75.
- González-García, S. 2003. Los niños como consumidores: impacto del estilo parental en el desarrollo de heurísticas para la toma de decisiones de bajo involucramiento. p. 2-10. En: Memorias. I coloquio Predoctoral Latinoamericano. Monterrey México.
- PROFECO. 2006. Estudio de calidad sobre leches saborizadas. En: Laboratorios Nacionales de Protección al Consumidor Distrito Federal México, <http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/.../RC-350-Leches-saborizadas.pdf> . ; Consulta: Octubre 2013.
- Varela, P., J. Beltran and S. Fiszman. 2013. An alternative way to uncover drivers of coffee liking: preference mapping based on consumer's preference ranking and open comments. *Food Quality and preference* 32(B): 152-159
- Zapata, L. y A. Esponiza. 2010. Estudio de leches saborizadas, presentación 200 mL para la organización de consumidores y usuarios de Chile. http://es.consumersinternational.org/media/505009/estudio_de_leches_saborizadas_200ml_-_septiembre_2010.pdf.33p.; consulta: Octubre 2013.

Preparation and Sensory Acceptance of Dietary Jellies Wine

Preparación y Aceptación Sensorial de Jaleas de Vino Dietéticas

Stefany Grützmänn Arcari¹; Tânia Brugnerotto²; Silvana Adriane Almeida Santin²

1 Master in Food Science. Professor of Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Rua 22 de abril, 2440, bairro São Luiz, São Miguel do Oeste – SC, CEP: 89900-000. Contact: stefany.arcari@ifsc.edu.br; +55 49 36310408.

2 Technique in Agroindustry. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Rua 22 de abril, 2440, bairro São Luiz, São Miguel do Oeste – SC, CEP: 89900-000. Contact: silvanaadriane.as@hotmail.com; tania_brug@hotmail.com.

Abstract. *The aim of this study was to develop dietary jelly wine from grape varieties Ives, Cabernet Sauvignon and Chardonnay, and study the sensory acceptance of products to substituting sugar, destined to a different public concerned about the aesthetics and health maintenance. The products were developed with xylitol and stevia sweeteners and submitted to sensory testing. Acceptance testing, preference and consumer purchase intention with 62 judges, all regular users of dietary products were performed. In acceptance testing, significant differences were observed for all variables evaluated; mainly the samples prepared with red wines Cabernet Sauvignon and Ives, especially in relation to aroma and brightness. Dietary wine Ives jelly had the highest score as the consumer purchased intention (6.59), differing from the others. As for preference, no statistical differences between the analyzed samples were observed. This study showed that dietary wine jellies are innovative products with great potential for consumption by persons accustomed to the consumption of dietary products.*

Key words: *Dietary products; wine jelly; xylitol; stevia; sensory acceptance; consumer's purchase intention.*

Resumen. *El objetivo del estudio fue desarrollar jaleas de vino dietéticas de variedades de uva Ives, Cabernet Sauvignon y Chardonnay, y estudiar la aceptación sensorial de los productos con la sustitución de azúcar, destinado a un público diferenciado preocupados por la estética y el mantenimiento de la salud. Los productos fueron desarrollados con los edulcorantes xylitol y stevia y sometidos a las pruebas sensoriales. Se realizaron las pruebas de aceptación, preferencia e intención de compra con 62 jueces, todos los usuarios habituales de los productos alimenticios dietéticos. En las pruebas de aceptación se observaron diferencias significativas para todas las variables evaluadas, sobre todo entre las muestras preparadas con vinos tintos Cabernet Sauvignon y Ives, especialmente en relación con el sabor y el brillo. Jalea de vino dietética Ives mostró la nota más alta*

en cuanto a la intención de compra (6,59), que difiere de los otros. En cuanto a la preferencia, se verificaron diferencias estadísticas entre las muestras analizadas. Este estudio mostró que las jaleas de vino dietéticas son productos innovadores con un gran potencial para el consumo por personas acostumbradas al consumo de productos dietéticos.

Palabras clave: *Productos dietéticos; jalea de vino; xylitol; stevia; aceptación sensorial; intención de compra.*

INTRODUCTION

The jellies are considered as the second food in industrial relevance, moving in the Brazilian market at around R\$ 100 million per year, with sales of 20 thousand tons of product (Marques, 2009). This market is growing every day and the need for innovation becomes an essential job for manufacturers, because currently, consumers search for products that have good nutritional characteristics and functional properties, while also maintaining an appropriate sensory quality.

Dietary wine jelly is an innovative and differentiated product that utilizes as raw material the wine, produced in large quantities in southern Brazil; and is inserted in the context of the need for innovations in the area of health, as food for diabetic persons, for those looking for aesthetic purposes or different foods.

This study aimed to produce dietary jelly wine, in order to study the sensory acceptance of products to substituting sugar, destined for a different target group target, concerned about the aesthetics and health maintenance.

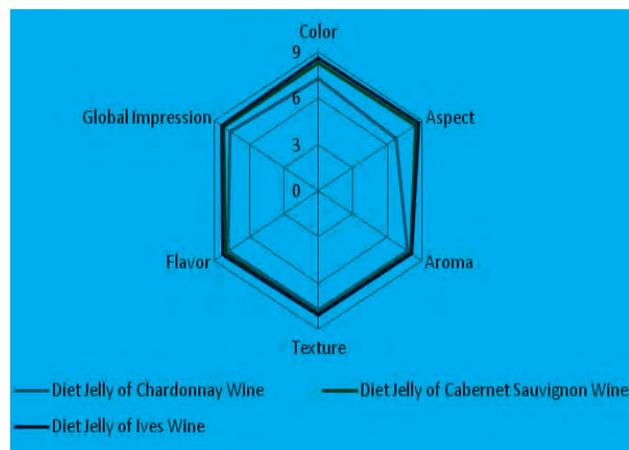


Figure 1. Acceptance test results for samples of dietary wine jellies.

MATERIAL AND METHODS

For the production of jellies was used red wine grapes Cabernet sauvignon and Ives and white wine grapes Chardonnay, all produced in southern Brazil. The preparation of jellies and analysis for characterization of the products was carried out in the agroindustry laboratories of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina Campus São Miguel do Oeste.

The manufacturing process for jelly began weighing the ingredients and additives. Was added in a saucepan the wine (92%), stevia (4.6%), xylitol (0.92%) and the food preservative sodium benzoate (0.18%), leading them to the cooking. The mixture was continuously mixed and when the temperature reached 95 °C, was added LM pectin (2.20%) and calcium chloride (0.10%). After the addition of these constituents, the jelly remained under cooking until it reaches 102 °C, which was removed from the heat and filling hot in glasses pasteurized. Sensory analyzes were performed in the Support Center for Family Health of São Miguel do Oeste, with 62 judges, regular users of dietary products. Carried out the acceptance test using hedonic scale of 1 (dislike extremely) to 9 (like extremely). For the preference test judges pointed out the sample of your choice. To consumer's purchase intention test a scale of 1 (never buy) to 7 (always buy) was used.

Data from the sensory analysis were statistically evaluated by ANOVA and Tukey test using the ASSISTAT version 7.7 statistical software.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the for acceptance test for the samples of wine diet jelly are shown in

Significant differences were observed for all variables evaluated, and that lower scores were attributed to sample diet jelly of white wine Chardonnay. The judges have indicated in their reviews that the diet jelly of Chardonnay wine (white) not have brightness and its aroma was slightly unpleasant, while diets jellies Cabernet Sauvignon wine and Ives had brightness and excellent aroma. The sample jelly of Ives wine stood out in among the others in relation to color.

In consumer purchase intention test was used the Tukey test to compare means the assigned grades (Table 1). It is observed that there is significant difference in purchase intent, and the sample of diet jelly of Ives wine presented the highest average score.

Table 1. Result of the consumer's purchase intention test for dietary wine jellies.

Sample	Average score for purchase intention
Diet jelly of Chardonnay wine	5.31c
Diet jelly of Cabernet sauvignon wine	5.91b
Diet jelly of Ives wine	6.59a

Different letters in the same column indicate significant difference at 5% level of probability, according to the Tukey test.

In the preference test, 54% of the judges have indicated a diet jelly of Ives wine, 30% Cabernet sauvignon wine jelly and 16% Chardonnay wine jelly. The results were evaluated statistically by the multiple comparison- preference table tests in which there is no significant difference at the 5% level of probability, among the samples of diet jelly as the preference.

CONCLUSION

The wine jelly diet showed a good acceptance by judges in sensory analysis, with good organoleptic characteristics and has potential to innovate the market jellies. As a differentiated product, catches the interest of the consuming public, with a tendency to ascent in the market. The prepared diet jelly with red wines showed better sensory characteristics.

BIBLIOGRAPHY

Marques, C. 2009. NUTRIMIX, o projeto. Trabalho de Conclusão de Curso Técnico Integrado em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 55 p.

Incursión del Mercadeo Ecológico en Algunas Pymes Agroindustriales de Santander (Casos de Estudio)

Raid of green marketing into some agroindustrial smes from Santander (Study cases)

Walter Pardavé Livia¹

¹ Grupo de Investigación en Mercadeo y Agroindustria, Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga Colombia. walterpardaveuts@gmail.com

Resumen. *El Green marketing o mercadeo ambiental en Colombia está en una etapa introductoria. Algunas empresas colombianas, especialmente las pequeñas y medianas, han decidido incursionar en la tendencia de prácticas ecológicas incluyéndolas en el diseño, desarrollo y certificación de nuevos productos. El Gobierno colombiano no ha sido ajeno tampoco a esta tendencia, y ha adoptado programas de sostenibilidad y fomento de prácticas ecológicas empresariales. Sin embargo, hay una asimetría en el proceso de certificación ecológica frente a los mercados internacionales. El objetivo central del presente artículo es exponer una conceptualización del mercadeo ecológico a partir de casos de estudio que permiten construir una interpretación real sobre hechos, experiencias y percepciones relacionadas con el mercadeo ecológico en las pymes agroindustriales del departamento de Santander Colombia.*

Palabras clave: *Mercadeo ecológico, pymes agroindustriales, productos orgánicos.*

Abstract. *Green or ecological marketing in Colombia is an introductory stage. Some Colombian companies, especially small and medium, have decided to get into the trend of organic practices including them in the design, development and certification of new products. Colombian government has not been immune to this trend, and it has adopted sustainability programs and promoting sustainable business practices. However, there is an asymmetry in the process of organic certification against markets worldwide. The central aim of this paper is to present some conceptualization of the green marketing from study cases allow to build a real interpretation of facts, experiences and perceptions related to green marketing in the department of Santander, Colombia.*

Key words: *Green marketing, agroindustrial smes, organic products.*

INTRODUCCIÓN

El mercadeo verde se puede definir como un conjunto de actividades diseñadas para generar y facilitar cualquier intercambio de bienes y servicios que permitan satisfacer las necesidades del ser humano a través del cuidado y protección del medio ambiente. El mercadeo verde ha evolucionado a lo largo del tiempo. De acuerdo con Peattie (2001), el mercadeo verde ha tenido tres etapas. La primera fase ocurre durante la décadas de los 60 y 70, y se denomina *Mercadeo verde Ecológico*. Esta etapa relaciona todas las actividades que tratan de ayudar a resolver los problemas ambientales y tiene como finalidad reconocer el papel que tienen las empresas, los productos y los consumidores frente a los problemas ambientales.

Tabla 1. Aplicación de la mezcla de mercadeo verde a productos agroecológicos.

<p>Producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimización de la contaminación por uso y producción. • Sustitución de materiales escasos por abundantes. • Servicio al cliente de asesoramiento en uso ecológico. • Productos reciclables, ahorradores de energía. 	<p>Precio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costes ecológicos directos del producto. • Costes ecológicos indirectos. • Internalización de costes por contaminación y escasez de recursos. • Discriminación positiva de precios. • Diferenciación de precios ecológicos.
<p>Promoción / Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concienciación ecológica. • Información sobre productos y fabricación ecológica. • Promoción por criterios del medio ambiente. • Información sobre servicios ecológicos de los productos. • Realización de acciones de relaciones públicas sobre ecología. 	<p>Plaza / Distribución</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fomento de retrodistribución (devolución y reciclado de envases). • Canales de distribución que ahorren en el consumo de recursos naturales. • Sensibilización ecológica en el punto de venta.

Calomarde, José V. (2000): Marketing ecológico. Ed. Pirámide ESIC. Madrid.

La segunda etapa corresponde al Mercadeo verde Ambiental y ocurre en la década de los 80. En esta fase el propósito central es utilizar tecnología limpia en el diseño de productos innovadores y sistemas de producción.

La tercera etapa consiste en el Mercadeo verde Sostenible y se evidencia durante la década de los 90 muy cerca al cambio de milenio. Esta etapa demuestra el desarrollo más profundo y significativo del mercadeo verde. (Peattie, 2001).

La Tabla 1 resume la aplicación de la mezcla de mercadeo ecológico en productos agroecológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación es de tipo casuístico y exploratorio. Dentro de la investigación se aplicaron entrevistas exhaustivas y metodología de casos. Se consultaron fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias fueron las siguientes: Grupo Pioneros, conformado por empresarios de mipymes agroindustriales de Bucaramanga; se realizaron entrevistas a profundidad (8), en el cual se asignó un puntaje del 1-10 para cada tipo de producto ecológico (Café orgánico, granadilla ecológica, huerta ecológica y stevia), se aprecia en la tabla 2 que el mayor promedio asignado es al café orgánico 7.9 y el menor a la stevia 3.2. Así mismo se indago la percepción a los temas: Ecodiseño, Buenas prácticas, Certificación orgánica y empaques y embalajes, a los mismos productos anteriores; encontrando que la certificación orgánica del café orgánico es el de mayor preferencia (87.9%) y el de menor aceptación el ecodiseño en la granadilla ecológica (23.1%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Colombia los productores pequeños no ejecutan una estrategia clara para la planeación de los cultivos, sumado a la falta de liquidez para atender las obligaciones financieras y el desconocimiento de la normatividad relacionada con la gestión ambiental.

En el caso del Departamento de Santander, se aprecian esfuerzos importantes de inserción de mercados verdes como en los siguientes casos.

Caso 1. Granadillas ecológicas del alto de suratá.

El caso de las granadillas ecológicas en el alto Suratá, muy cerca del Filo de Turbay, en esas frías montañas, las áreas en frutas, tubérculos, hortalizas y legumbres no llegaban a las 30 hectáreas orgánicas (nada de químicos y con fertilizantes y funguicidas naturales), las cuales eran trabajadas por cerca de 70 familias.

Caso 2. Café orgánico de la Mesa de los Santos.

En el caso del café orgánico de la Mesa de los santos, se llega a los mercados más reputados del mundo, dada su calidad y excelente sabor. Allí, la producción es orgánica de ahí su gran fortaleza. Este programa posee tres certificaciones que lo hacen muy armónico con el medio ambiente (Ver Figura 1).

Tabla 2. Resumen de resultados estadísticos obtenidos (promedio y desviación estándar)

PRODUCTO	(Media de respuestas ponderadas en las entrevistas)	S (%)			
		Eco diseño	Buenas prácticas	Certificación orgánica	Empaques y embalaje
Granadilla ecológica	7,6	23,1	45,6	49,8	34,6
Café orgánico	7,9	45,6	67,8	87,9	67,5
Huerta biológica	5,4	57,5	58,9	24,5	25,5
Stevia	3,2	48,9	68,9	58,9	67,3



Figura 1. Vista cercana de Cultivo de café orgánico en la Mesa de los Santos, Santander, tomado por autor

CONCLUSIÓN

En el caso de las mi pymes agroindustriales en Santander, de las entrevistas y trabajo estadístico realizado, se aprecia la inserción de temas de mercados verdes (certificación orgánica, ecodiseño, sellos ecológicos, entre otros) en los productos café orgánico, granadillas ecológicas entre otras; lo cual muestra el avance y aceptación a estos nuevos sectores económicos.

BIBLIOGRAFÍA

Akter, K. 2012. Consumer Attitude towards Green Marketing in Bangladesh. *ASA University Review* 6(1)
 Allamed, Haery F. 2013. Green Marketing in consumer Purchase Intentions. *International Journal of Academic Research in Business and social sciences* 3(11)

McLaren, W. 2006. EcoTip: ¿What Makes a Product (or Service) “Green”? En: http://www.treehugger.com/files/2006/10/ecotip_what_mak.php#01]. Consulta Abril de 2008.
 Minetti, A.C. 2002. Marketing de alimentos ecológicos. En: <http://www.al-oj.us.es/vmanzano/pdf/resumen/>. Consulta Mayo de 2009.
 Prakash, A. 2002. Green Marketing public policy and management strategies. *Business Strategy and the Environment* (11): 285-297.

Caracterización Físicoquímica de Tazas de Café Producidas en el Departamento del Quindío

Physical Chemical Characterization of Cups of Coffee Grown in the Department of quindío

Jenny A. Valencia Sánchez¹; Magda I. Pinzón Fandiño²; Ramón Gutiérrez Robledo³

- 1 Joven Investigadora, Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores de Colciencias año 2012, Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Quindío, Armenia. javalencias@uqvirtual.edu.co
- 2 Profesora Titular, Líder Grupo de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Quindío. Armenia mipinzon@uniquindio.edu.co
- 3 Profesor tiempo completo ocasional, Investigador Grupo de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad del Quindío, Armenia. rgutierrez@uniquindio.edu.co

Resumen. Para los consumidores de café, es importante conocer las características de las tazas de café que consumen, y es primordial crear la conciencia del que el café es más que una bebida; enseñarles a reconocer un café de calidad y las características de este; por lo tanto el objetivo de este estudio fue determinar la calidad en taza de diferentes productores de café en el departamento del Quindío, mediante las tendencias de las características físicoquímicas, evaluando pH, acidez titulable, sólidos solubles, azúcares reductores, %grasa y cafeína, obteniendo resultados para los valores de pH entre 4,8 y 5,9; acidez titulable entre 660-843 mg CaCO₃/7g muestra; °Brix entre 1-1,9%; azúcares reductores entre 6-12%; contenido de grasa entre 10-15 %y cafeína entre 0,38-0,66% por taza.

Palabras claves: Paisaje cultural cafetero, cultura cafetera, bebida, calidad de la bebida.

Abstract. For coffee drinkers, it is important to know the characteristics of cups of coffee consumed, and it is essential to create awareness that coffee is more than a drink; teach them to recognize a quality coffee and the characteristics of this, so therefore the aim of this study was to determine the cup quality of different coffee producers in the department of Quindío, through trends in the physicochemical characteristics, evaluating pH, titratable acidity, soluble solids, reducing sugars, % fat and caffeine, getting results for pH values between 4.8 and 5.9, titratable acidity between 660-843 mg sample CaCO₃/7g; ° Brix between 1-1.9%, reducing sugars from 6-12%, fat content between 10-15% and caffeine between 0.38 to 0.66% per cup.

Key words: Cultural coffee landscape, coffee culture, beverage, beverage quality.

INTRODUCCION

El paisaje cultural cafetero Colombiano (PCC), comprendido por los 51 municipios de los departamentos de Quindío, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca, fue incluido en el listado mundial de patrimonios durante la 35a sesión del comité

de Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Tecnología, UNESCO, celebrada en París del 19 al 29 de Junio de 2011.

El hecho de que el PCC haya sido declarado por la Unesco patrimonio de la humanidad significa que la región y el país obtendrán mayor reconocimiento mundial, sustentado en 16 atributos que determinan la excepcionalidad del paisaje entre los cuales las características de los sistemas de producción de café y la calidad del grano resultan preponderantes; lo que representa potenciar y consolidar al Quindío como zona turística, cultural y zona productora de café de excelente calidad.

Son las características físicoquímicas y sus variaciones las que determinan esa calidad, lo que hace que el café no sea un producto homogéneo, sino que presente una alta y amplia variabilidad en su composición. Representando así el objeto de estudio de esta investigación.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de las tazas de café. Se analizaron 8 muestras de café, recolectadas de diferentes municipios del departamento del Quindío, las bebidas se prepararon según la NTC 3566.

Análisis físicoquímicos a las tazas de café:

Determinación del pH. Se realizó por el Método oficial AOAC 918.12.

Determinación de la acidez titulable. Se determinó mediante una valoración de la bebida de café con NaOH hasta pH= 8,3 y a 25°C, el valor es expresado en mg de CaCO₃/L. (Puerta, 2000).

Determinación de sólidos solubles. Se determinó Método oficial AOAC 932.012.

Determinación de azúcares reductores. Se determinaron según el método de Lane Eynon. (NMX-F-173-1999).

Determinación del contenido de aceite. Se determinó mediante el Método oficial AOAC 15030).

Determinación de cafeína Se realizó mediante una extracción líquido-líquido para posterior lectura en UV-vis con previa curva de calibración de cafeína. (Calle, 2011)

Cada uno de los análisis fue realizado por triplicado, determinando la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada muestra.

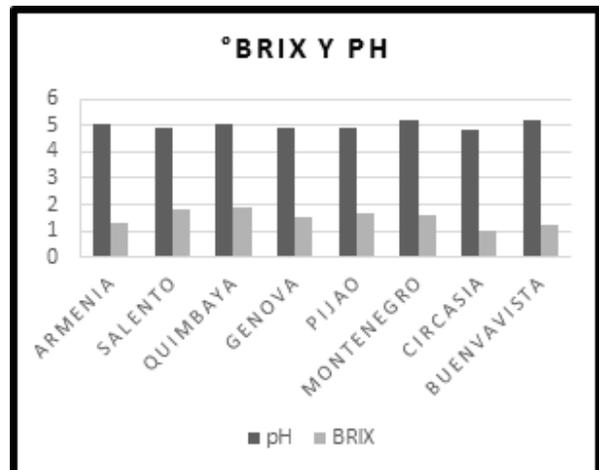
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímicos a las tazas de café. En la gráfica 1, se presenta la variación de los °Brix y el pH de la bebida de café para cada una de las muestras de diferentes municipios del departamento del Quindío, se registran valores de pH entre 4,8-5,9; y valores de °Brix entre 1-1,9%.

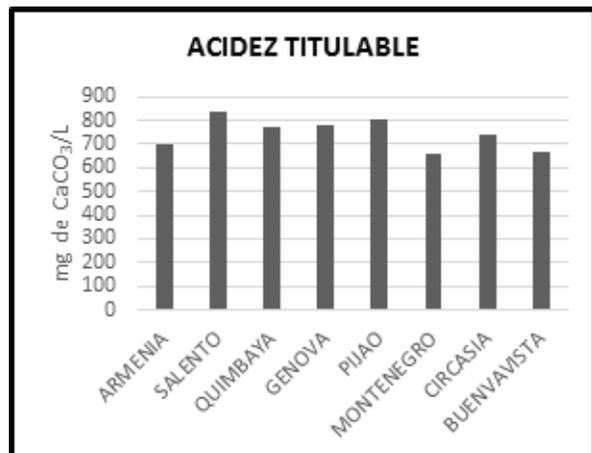
La acidez titulable de las muestras vario de 699 a 837 mg de CaCO₃/L (Gráfica 2).

Los resultados de % de Azucares reductores y % de grasa se evidencian en la gráfica 3, dando para grasa valores entre 10-15% y para azucares reductores entre 6-12%.

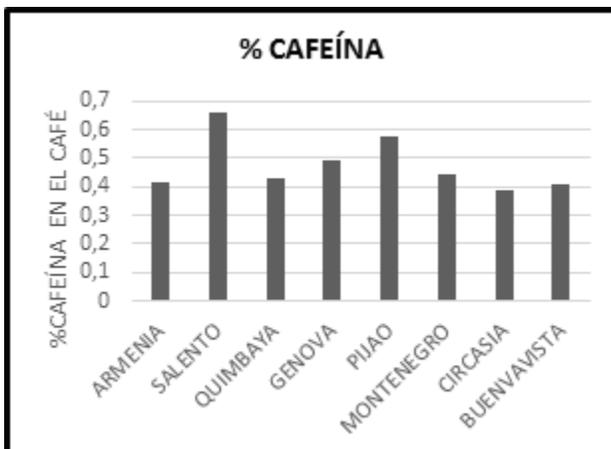
En la Gráfica 4, se representa en tanto por ciento la concentración de cafeína de los diferentes cafés y se observa gran similitud entre cada uno de ellos, los valores oscilan entre 0,38-0,66%.



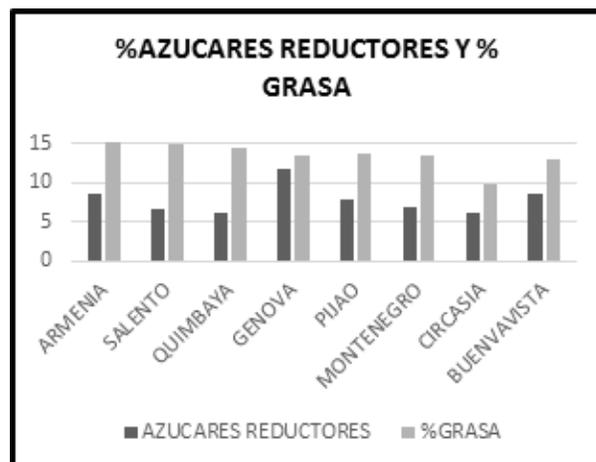
Gráfica 1: Resultados de los valores de °Brix y pH para las 8 variedades de cafés del Quindío.



Gráfica 2: Resultados de los valores de Acidez titulable para las 8 variedades de cafés del Quindío.



Gráfica 4: Resultados de los valores de % de cafeína para las 8 variedades de cafés del Quindío.



Gráfica 3: Resultados de los valores de % Azúcares reductores y % de grasa para las 8 variedades de cafés del Quindío.

CONCLUSIÓN

El Quindío ofrece cafés suaves con características de taza excelentes; la especie, la madurez, la fermentación, el secado, el almacenamiento, la tostación y el método de preparación de la bebida influyen en la composición química y en la calidad del sabor de una taza de café, haciendo de cada uno de estos un café único e incomparable.

AGRADECIMIENTOS

Departamento de Ciencia Tecnología e Innovación, Colciencias. Programa de jóvenes investigadores e innovadores año 2012.

Vicerrectoría de Investigaciones Universidad del Quindío.

Laboratorio de Investigaciones en Postcosecha.

Grupo Ciencia y Tecnología de Alimentos-CYTA, Universidad del Quindío.

BIBLIOGRAFIA

AOAC Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of analysis. (1997). Método AOAC 15030

Determinación del contenido de aceite.

AOAC Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of analysis. (1997). Método AOAC 918.12. Determinación de pH.

AOAC Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of analysis. (1997). Método AOAC 932.14/932.12, Sólidos solubles en frutas y productos de fruta.

Calle-Aznar, S. 2011. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales. Volumen I. Tesis Ingeniería Técnica Industrial, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. 156 p.

Norma Técnica Colombiana 3566: Café verde, Preparación de muestras para análisis sensorial. 2002.

PROY-NMX-F-173-1999. Proyecto de Norma Mexicana. Café puro tostado en grano o molido, sin descafeinar o descafeinado, especificaciones y métodos de prueba. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

PUERTA Q and G. I. 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé* 51(1): 5-19.

Evaluación de una Bebida Carbonatada a Partir de Jugo de Uchuva (*Physalis peruviana* L)

Evaluation of a Carbonated Drink Juice from Uchuva (Physalis peruviana L)

Johana Pantoja G¹; Jipson Bastidas P¹; Andrés Cerón C¹; Oswaldo Osorio M^{1*}

1 Universidad de Nariño. Departamento Procesos Industriales. Pasto, Colombia.

* Corresponding autor: Osorio_oswaldo@hotmail.com ; osorio_oswaldo@udenar.edu.co

Resumen. Se evaluó el efecto del índice de madurez (IM), asociado a diferentes volúmenes de CO₂ disuelto, durante la elaboración de una bebida carbonatada a partir de jugo de uchuva (*Physalis peruviana* L). Los factores y niveles de estudio fueron: volumen de CO₂ disuelto (2,0, 2,2 y 2,4) e índice de madurez (7,1, 8,1 y 9), las variables de respuesta: sensoriales (satisfacción), físico químicas (pH, °Brix, acidez, vitamina C) y microbiológicas; las muestras se almacenaron por 60 días. Se determinó mayor aceptación en las formulaciones con IM de 7,1 y volumen de CO₂ disuelto 2,2; no se encontraron diferencias significativas en el pH, °Brix y acidez al cabo de 60 días. Sin embargo se evidenció una disminución significativa, en el contenido de CO₂ disuelto. La vitamina C, permaneció estable por 30 días; microbiológicamente no se evidenció el

crecimiento de hongos, mohos y levaduras. La bebida con IM de 7,1 y 2,2 volumen de CO₂ disuelto podría ser utilizada comercialmente.

Palabras clave: Volumen de CO₂, índice de madurez, aceptación, almacenamiento.

Abstract. The effect of the maturity index (IM), associated with different volumes of dissolved CO₂, during the processing of a carbonated beverage from gooseberry (*Physalis peruviana* L.) juice was determined. The factors and levels of study were: volume of dissolved CO₂ (2.0, 2.2 and 2.4) and maturity index (7.1, 8.1 and 9), the response variables: sensory (satisfaction), physicochemical (pH, °Brix, acidity, vitamin C) and microbiological tests, the samples were stored for 60

days. Greater acceptance in the formulations was determined with IM 7.1 and 2.2 volume of dissolved CO₂, no significant difference was found in the pH, ° Brix, and acidity after 60 days. However, a significant decrease was evident, for the content of dissolved CO₂. Vitamin C remained stable for 30 days; microbiologically no growth of fungi, molds and yeasts was evidenced. The Drink with IM 7.1 and 2.2 volume of CO₂ dissolved could be used commercially.

Key words: Volume of CO₂, maturity index, acceptance, storage.

INTRODUCCIÓN

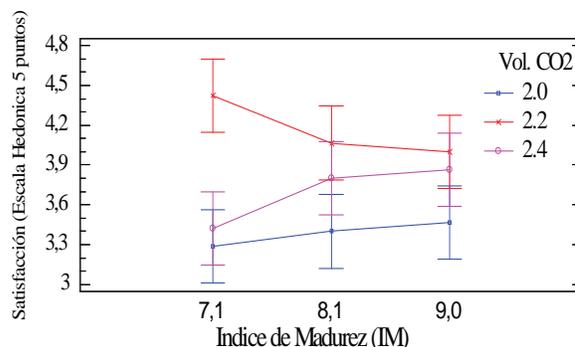
La uchuva (*Physalis peruviana* L), es un fruto reconocido por sus propiedades farmacológicas (Lan *et al.*, 2009); su alto contenido en pulpa y SST, evidencia una oportunidad para la industria de bebidas que contienen CO₂, las cuales según Descoins *et al.*, (2006), son productos muy populares, apreciados por los consumidores por su placentera sensación de efervescencia. La demanda de estas bebidas ha venido aumentando buscando características sensoriales y nutricionales que los jugo de fruta ofrecen (Kaushal *et al.*, 2004). En este contexto el objetivo fue determinar el efecto del índice de madurez y diferentes volúmenes de CO₂ disuelto, durante la elaboración de una bebida carbonatada a partir de jugo de uchuva (*Physalis peruviana* L).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. La fruta (*Physalis peruviana* L), se adquirió con IM de (7,1, 8,1 y 9); se desinfectó, despulpó y filtró. El jugo se sometió a pasteurización (80°C x 1 min). Mediante pruebas afectivas, se evaluaron tres formulaciones de néctares con diferente porcentaje de jugo, seleccionado un 25% como adecuado; respecto de los aditivos, se utilizaron conforme al Codex Alimentarius: CMC, benzoato de sodio y sorbato de potasio, ácido ascórbico. La carbonatación se hizo utilizando el método de post-mix sugerido por (Phillips, 1992).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño factorial multinivel 3² aleatorizado, los factores y niveles de estudio fueron: volumen de CO₂ disuelto (2,0, 2,2 y 2,4) e índice de madurez (7,1, 8,1 y 9). Las variables de respuesta fueron: sensoriales (grado de satisfacción), físico químicas (pH, °Brix, acidez, vitamina C) y microbiológicos (mesófilos, coliformes totales y fecales, hongos, mohos, levaduras y espora de clostridium). El análisis estadístico se realizó, con el programa Statgraphics Centurion XV, mediante pruebas de comparación de medias TUKEY a un 5%.

Metodologías obtención resultados. Prueba sensorial-afectiva (Anzaldúa, 1994); pH (pH-metro); °Brix (refractómetro); acidez (titulación ácido-base con NaOH 0,1 N); vitamina C, método descrito por Osorio (2008) con algunas modificaciones, utilizando cromatografía HPLC. El análisis microbiológico se realizó de acuerdo a protocolos de los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, basados en los métodos reportados por INVIMA (1998).



Gráfica 1. Interacción factores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación sensorial. Se evidenció efecto significativo ($p < 0,05$), en la variable satisfacción, atribuida a la interacción de los factores: IM y nivel de carbonatación, siendo innecesario estudiar los factores por separado; la Gráfica 1, muestra que un nivel de carbonatación de 2,2 volúmenes de CO₂ y un IM de 7,1, fue calificado como me gusta. Siendo este tratamiento adecuado.

Propiedades fisicoquímicas. No se evidenciaron cambios significativos durante los 60 días de almacenamiento (Tabla 1), resultados similares reportan Sheetu y Poonam (2009), para bebidas a base de melocotón. El aumento leve de acidez se atribuye a la disociación del ácido carbónico durante la titulación sin afectar significativamente la bebida. Askar *et al.*, (1996) afirmaron que el tiempo, la temperatura y envases tuvieron poco efecto sobre SST y acidez del néctar de melocotón. Respecto del contenido de CO₂ disuelto, se determinó diferencia significativa ($p < 0,05$), entre los contenidos iniciales y finales. Según Sheetu y Poonam, (2009), el benzoato de sodio y CMC están implicados en la retención CO₂, así como el envase (Carrieri *et al.*, 2012).

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas tratamiento adecuado.

Tiempo (Días)	* °Brix	* pH	*% Acidez	*Contenido CO2 disuelto
0	12,00±0,00 a	3,50±0,21 a	0,39±0,01 a	2,20±0,00 a
30	12,00±0,01 a	3,51±0,15 a	0,40±0,01 a	2,06±0,06 b
60	12,00±0,00 a	3,52±0,13 a	0,41±0,03 a	1,93±0,06 c

* Valores promedios (n = 3) ± desviación estándar

Contenido de vitamina C. La vitamina C, permaneció estable por 30 días (Grafica 2). Según (Gutiérrez *et al.*, 2007), valores de pH de 3,6 a 4,1; favorecen la estabilidad frente a procesos de oxidación.

Análisis microbiológicos. Los resultados, se encontraron por debajo del valor mínimo requerido en la resolución 7992 del 21 de junio de 1991. Carrieri *et al.*, (2012) afirman que una carbonatación inicial adecuada favorece la extensión de la vida útil hasta de un 20%.

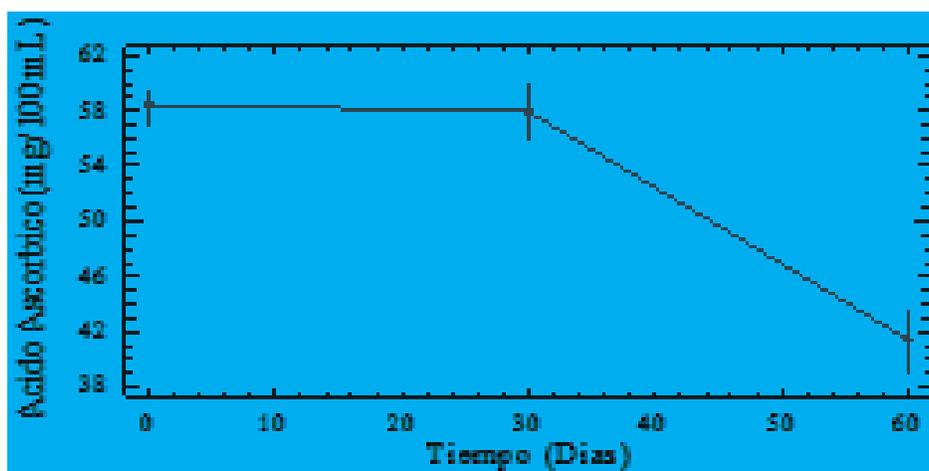
CONCLUSIÓN

Se determinó que la bebida elaborada a partir de uchuva (*Physalis peruviana* L), con un índice de madurez de 7,1 y 2,2 volumen de CO₂ disuelto podría ser utilizada comercialmente.

BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa, M. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, Zaragoza (España). 123-157 p.
- Askar, A., S. Ghonaim, M. Abdel Fadeel, A. Ali, E. Abd and I. Gaird. 1996. Quality assurance of peach pulp and nectar. Fruit Process 6(4): 151–155.

- Carrieri, G., V. De Bonis y G. Ruocco. 2012. Modelado y validación experimental de transferencia de masa de las bebidas carbonatadas en botellas de tereftalato de polietileno. Journal of Food Engineering 108: 570-578.
- Descoins, C., M. Mathlouthi, L. Moual and J. Hennequin. 2006. Carbonation monitoring of beverage in a laboratory scale unit with on-line measurement of dissolved CO₂. Food Chemistry 95 (4): 541-553.
- Gutiérrez, T., O. Hoyos y M. Páez. 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana*), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). Facultad de Ciencias Agropecuarias 5 (1): 70-79.
- Kaushal, N., B. Kaushal and P. Sharma. 2004. Optimization of total soluble solids and carbon dioxide gas pressure for the preparation of carbonated beverages from apple and pear juices. Journal Food Sciences. Technology 41(2): 142-149.
- Lan, Y., F. Chang, M. Pan, C. Wu, S. Wu, S. Chen, S. Wang, M. W and, Y. Wu. 2009. New cytotoxic withanolides from *Physalis peruviana*. Food Chemistry 116 (2):462-9.
- Osorio, M. 2008. Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad del puré de fresa (*Fragaria x ananassa*, cv Camarosa). Tesis doctorado Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (España). 58 p.
- Phillips, G. 1992. Carbonated beverages. In Encyclopedia of Food Science and Technology, Vol. I (A–D) (Y.H. Hui, ed.), John Wiley and Sons, Inc., New York, NY. 286–293 p.
- Sheetu, A. and A. Poonam. 2009. Effect of method of preservation of pulp on the quality of carbonated and noncarbonated beverages prepared from peach fruit. Journal of Food Quality 32 (6): 695–708.



Grafica 2. Contenido de ácido ascórbico

Evaluación del Efecto de la Marca sobre la Preferencia Sensorial en Salsa de Tomate

Evaluation of Brand Effect on Sensory Preference in Tomato Sauce

Diana Carolina Vergara Gallego¹, Cláudia Denise De Paula 2, Yenís Pastrana³

1 Bióloga. Cand. M. Sc. en Ciencias Agroalimentarias. Docente Universidad de Córdoba. Grupo de Investigaciones en Procesos Agroindustriales, e-mail: dianacarolinav@gmail.com

2 Nutricionista-Dietista, Dra. en Ciencia y Tecnología de los alimentos. Docente Universidad de Córdoba, Montería – Colombia. Grupo de Investigaciones en Procesos Agroindustriales. Dirección: Carrera 6 No. 76-103 Montería- Córdoba Tel: (4) 7860151, e-mail: cdepaula@correo.unicordoba.edu.co

3 Ingeniera de Alimentos. Cand. a M.Sc. en Ciencias Agroalimentarias. Docente Universidad de Córdoba. Grupo de Investigaciones en Procesos Agroindustriales, e-mail: yipastrana@correo.unicordoba.edu.co

Resumen: La salsa de tomate es uno de los principales acompañantes de las comidas más utilizados en Colombia y el resto del mundo, apetecido por personas de todas las edades. Sin embargo, las investigaciones se dirigen al estudio de preferencia de salsa de tomate elaboradas con tomates transgénicos, pero no existen estudios dirigidos al análisis de preferencia entre marcas conocidas y posicionadas en el mercado. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de marcas sobre la preferencia en salsas de tomate entre cinco marcas reconocidas en el mercado colombiano (marcas 1, 2, 3, 4 y 5) utilizando como vehículo papas fritas. La marca 2, es la marca nacional líder en el mercado, las marcas 1,3, 4 también son nacionales y la 5 es una marca importada. Para la evaluación se empleó un test ciego y un test informado con 50 consumidores, a quienes se les pidió establecer la preferencia en una escala hedónica de siete puntos, donde 7 es muy preferida y 1 menos preferida. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA, test de Tukey, y análisis de componentes principales, los cuales revelaron que los consumidores tienen mayor preferencia por las marcas nacionales a diferencia de la marca importada, y entre las marcas nacionales existe mayor preferencia por aquellas que tienen un menor valor comercial.

Palabras clave: Escala hedónica, elección, intención de compra, evaluación sensorial

Abstract: Ketchup is one of the leading companions of the foods used in Colombia and the rest of the world, sought after by people of all ages. However, researches are directed at study of preference tomato sauce made with transgenic tomatoes, but there are not studies guided the analysis of preference and positioned on the market. This research aims to evaluate the brand effect on preference by tomato sauces between five recognized brands marketed in Colombia (brands 1, 2, 3, 4 and 5) using as a vehicle potato fries. Brand 2, is the leading national brand in the market, brands such 1, 3, 4 are national as well and 5 is an imported brand. For

evaluation was used a blind test and informed test with 50 consumers, who were asked to set the preference in a seven point hedonic scale, where 7 is very favorite and 1 is least favorite. The results were subjected to ANOVA, Tukey test, and principal component analysis, which revealed that consumers have a higher preference for national brands, while unlike imported brand and between national brands there is a higher preference for those having a lower commercial value.

Key words: hedonic scale, choice, purchase intent, sensory evaluation

INTRODUCCIÓN

La salsa de tomate es un producto elaborado con tomates frescos, que han sido trabajados hasta obtener una consistencia espesa, adicionada con sal, ácido ascórbico, especias, vinagre (Rosero, 2007); además guarda las propiedades organolépticas del tomate, y en el proceso se puede agregar azúcar para dar un sabor dulce y espesantes para lograr mayor consistencia (FAO, 2006). En Colombia es utilizado como aderezo para dar sabor a las comidas y decorar platos y en los últimos años ha tenido un incremento significativo, debido al aumento de restaurantes y locales de preparación de comidas rápidas, consumiéndose en campos y ciudades (Tapia, 2013). La salsa de tomate según la estructura del mercado corresponde a una competencia monopolística, por sus características, limitado número de empresas productoras, producto con pequeñas diferencias, precio fijado dentro de un margen y posibilidad de entrada y salida sin dificultad (Fabara y Bonilla, 2010). De acuerdo a esto, esta investigación se dirigió al estudio del efecto del efecto de las marcas sobre la preferencia sensorial en salsas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de preferencia en marcas de salsa de tomate se realizó utilizando 50 consumidores entre los 18 y 40 años de edad. Las muestras fueron identificadas con Marca 1, Marca 2, Marca 3, Marca 4 y Marca 5; utilizando como vehículo papas fritas. La marca 2 es reconocida como líder en el mercado nacional, seguida por la marca 1; las marcas 3 y 4 son nacionales y elegidas en el mercado por su bajo costo y la marca 5 es importada.

Se realizó un análisis sensorial de preferencia, empleando una escala hedónica mixta de 7 puntos (7 “me gusta mucho” a 1 “me disgusta mucho”), en dos modalidades: un test ciego (no se informa la marca) y uno informado, en dos sesiones, dejando entre la primera y segunda sesión un espacio de cinco minutos. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA, test de Tukey ($p \leq 0,05$) y análisis de componentes principales mediante programas computacionales Statistical 6.0 y SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), el test ciego reveló que los panelistas establecen diferencias entre las marcas nacionales y la marca importada; de manera que la marca 5, importada, obtuvo el menor nivel de preferencia entre las salsas estudiadas con el término hedónico “Disgusta ligeramente” (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de las marcas sobre la preferencia del consumidor en Test Ciego e Informado.

Marcas	Ciego	Informado
1	5,32a*	5,62a*
2	5,32a	5,24a
3	5,20a	4,92ab*
4	5,12a	4,90b
5	3,96b*	4,60b*

*Letras desiguales dentro de cada columna difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey.

El test informado expone que al revelarse las marcas a los panelistas, se presentaron diferencias significativas entre las muestras. Las marcas 1 y 2, fueron las de mayor preferencia, y estas mismas se encuentran en el

mercado a un menor costo, estableciendo así diferencias significativas con respecto a las marcas 4 y 5. La marca 5, aunque aumentó su nivel de preferencia, con respecto al test ciego, sigue siendo la menos preferida (Tabla 1).

El análisis de componentes principales (PCA), explica los resultados obtenidos de los panelistas en cuanto a la preferencia con un 91,72%, para el test ciego, dividido en dos grupos, factor 1 (73,95%) y factor 2 (17,77%). Se observó que las marcas 2 y 4 están inversamente correlacionadas y las marcas 1 y 3 se encuentran correlacionadas, siendo la marca 5 la menos correlacionada. Mientras que en el test informado, el PCA explicó los resultados con un 93,19%, la relación de preferencia, estableciendo dos factores, factor 1 con 83,92% y factor 2 con 9,28% (Figura 1). De esta manera, las marcas 1 y 3 están altamente correlacionados positivamente con el factor 1, y la marca 4 está correlacionada con el factor 1, y que las marcas 2 y 5 se encuentran correlacionadas en el factor 2, negativamente. Estos resultados confirman lo revelado en el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$) (Tabla 1), permitiendo afirmar que si los panelistas tienen conocimiento de las marcas, existe una preferencia hacia las marcas nacionales más económicas.

Estudios similares, igualmente revelan que los consumidores se ven influenciados por la marca en cuanto adquieren conocimiento sobre estas, es decir, el consumidor aumenta o disminuye su valoración en relación al posicionamiento en el mercado (Fandos y Flavián, 2006). Schnettler *et al.*, (2009) confirman que los consumidores de salsa de tomate independientemente de la calidad del producto, prefieren alimentos con respaldo del nombre de marca de un fabricante y privilegian pagar un menor precio.

CONCLUSIÓN

Esta investigación demostró que los panelistas cuando no tuvieron conocimiento de las marcas, no encontraron diferencias significativas entre las marcas nacionales, pero si con respecto a la marca importada. En cuanto se entregó la información sobre la marca de cada muestra manifestaron su preferencia hacia las marcas más económicas, dejando como las de menor preferencia, la marca líder en el mercado y la marca importada, que a su vez, tiene un costo poco elevado a comparación de las demás.

BIBLIOGRAFIA

- Fabara, E. y V. Bonilla, 2010. Estudio de factibilidad para la creación de la empresa “Procesadora y comercializadora de salsa de tomate en la ciudad de Latacunga”. Escuela Politécnica del Ejército. Sede Latacunga. Vicerrectorado de Investigación y Vinculación con la Colectividad. Maestría en Gestión de Pequeñas y Medianas Empresas. 191p.
- Fandos, C. y C. Flavián, 2006. Influencia del valor de la marca del jamón con do Teruel sobre la satisfacción y la intención de compra del consumidor. Revista Estudios sobre consumo. 1, 77-78.
- FAO, 2006. Salsa de tomate. Inpho fichas técnicas. Productos frescos y procesados. IICA prodar. Frutas y Hortalizas. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultado: Marzo 3 de 2013. Disponible en: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/HORT5.HTM.
- Rosero, D. 2007. Salsa de tomate. Manejo de sólidos y fluidos. Universidad del Valle. Tecnología de Alimentos. Cali- Colombia. 31p.
- Schnettler, B. y O. Sepúlveda, D. Ruiz, 2009. Conocimiento y aceptación de alimentos genéticamente modificados en consumidores de la IX región de Chile. IDESIA (Chile) Vol. 27(2); 5-15.
- Tapia, B. 2013. La industria de la pasta de tomate. Oficina de estudios y políticas agrarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. Chile. 8p.

INTELIGENCIA COMPETITIVA ORIENTANDO AL MERCADO LA INVESTIGACIÓN DE EMPAQUES SEMIRRIGIDOS BIODEGRADABLES DE YUCA Y FIQUE

COMPETITIVE INTELLIGENCE SUPPORT AS A MARKET ORIENTATION SEMI BIODEGRADABLE PACKAGING FROM CASSAVA AND FIQUE

Heydy Belsy Pabon Ortiz¹; José Luis Hoyos² y Héctor Samuel Villada³

1 Gerente. Inteligentemente. Asesora Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca CREPIC. Calle 7Nro 4-36 tercer piso. Popayán, Colombia, heydpabon@crepic.org.co.

2 Profesor titular. Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. jlhoyos@unicauca.edu.co.

3 Profesor titular. Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 5 No. 4-70. Popayán, Colombia. villada@unicauca.edu.co.

Resumen. El presente artículo describe la implantación de herramientas de inteligencia competitiva en el proceso de consolidación de la oferta tecnológica de un prototipo de empaque semirrígido biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique. El ciclo de inteligencia competitiva fue concebido para monitorear el entorno, el mercado y la competencia y así adecuar la bandeja biodegradable a las condiciones del mercado y adicionalmente compartir la metodología con los productores de yuca de la asociación ASYUMOR

Palabras clave: Inteligencia competitiva, agro cadena, empaques semirrígidos biodegradables/biocompostable

Abstract. This article describes the implementation of Competitive Intelligence tools in the process of consolidation of the technology offer a prototype rigid biodegradable packaging from cassava flour and fique fiber. The Competitive Intelligence cycle was designed to monitor the environment, the market and competition and thus adapt the tray

biodegradable market conditions and further share the methodology with cassava producers association - ASYUMOR

Key words: Business Intelligence, agro chain semi-rigid containers, biodegradable/biocompostable packing

INTRODUCCIÓN

El Departamento del Cauca, es un territorio de 30.000 Km² situado en el sur-occidente colombiano; su población es mayoritariamente rural (60%), multiétnica y multicultural (1.367.000 habitantes¹). El sector productivo predominante son las cadenas agroalimentarias de pequeña escala, en consecuencia con la mega-diversidad del territorio, con escaso nivel de tecnificación y responsables de la generación del sustento de más de 150.000 familias. Esta población se caracteriza por un grado importante de organización

1 Dato aproximado, fuente documento Técnico de Soporte. Secretaría de Planeación. Gobernación del Cauca. Abril 2012.

social en respuesta a su marginalidad y aunque hay interés en la asociatividad productiva, se observan notables deficiencias en los procesos de agregación de valor, la comercialización y una casi nula cultura empresarial y de implementación de procesos de investigación. En estas dinámicas productivas priman los esfuerzos aislados y el exíguo apoyo institucional y gubernamental es puntual, disperso y asistencialista, lo que se traduce en dificultades competitivas frente a los desafíos de la economía globalizada. La inserción adecuada del Cauca en los procesos de globalización requiere del fortalecimiento de procesos de asociatividad empresarial, el incentivo a los procesos de investigación productiva e innovación como los que el grupo de investigación CYTBIA viene desarrollando.

El proyecto de investigación consolidación de la oferta tecnológica de un prototipo de empaque semirrígido biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique (2013-2014), financiado por Colciencias involucra directamente a los actores representantes del eslabón de producción y transformación de la agrocadena de la yuca una de las cadenas más representativas en el departamento del Cauca y fue desarrollado para realizar el ajuste de un prototipo de empaque biodegradable a partir de harina de yuca y fibra de fique y su consolidación como oferta tecnológica. Adicionalmente se contempló el desarrollo de ejercicios de inteligencia competitiva para identificar el potencial de mercado de la tecnología ofertada. El Componente de Inteligencia Competitiva se concibió en el proyecto como el directamente responsable de realizar las acciones necesarias para orientar al grupo de investigación hacia un producto más cercano a las necesidades del mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de establecer la manera de realizar acciones de Inteligencia Competitiva como una labor sistemática y organizada de planeación, búsqueda y captación, análisis, inteligencia y comunicación, se ha definido un modelo lógico conceptual propuesto por Escorsa y Maspons,(2001).

Inteligencia Competitiva: Responde al proceso de monitorear el ambiente competitivo y tecnológico de una organización con el fin de planear e implementar estrategias que se adelantan a los cambios del entorno

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró información relevante de las tendencias que guían el mercado de los empaques biodegradables como la de Packaging Technology Integrated Solutions, PITS que plantea como prioridades los siguientes puntos: Tener en cuenta la opinión del consumidor, innovación, diseño, desarrollo de nuevos procesos, empaques inteligentes e interactivos, sostenibilidad, impresión digital y manufactura “limpia”. Así, los materiales biodegradables y tecnologías “limpias” liderarán la innovación en los próximos 5-10 años, abriendo posibilidades de mercado para la bandeja a partir de harina de yuca y fibra de fique

La tasa de crecimiento para los empaques rígidos y semirrígidos se mantiene positiva, gracias a que ya tienen un mercado maduro y factores como el crecimiento en la productividad mundial, el incremento en la demanda de empaques resistentes por parte del consumidor, la tendencia demográfica creciente en zonas urbanas, donde hay mayor consumo de materiales de empaque que en zonas rurales y preferencias “especiales” por parte del consumidor han afectado los patrones de compra.

El grupo de investigación CYTBIA desarrolla prácticas de inteligencia competitiva que le permiten analizar la información de las tendencias y adaptar su bandeja biodegradables a las condiciones que el mercado exige, proyectando una prueba de producto en 2 cadenas de pizzerías con sede en Medellín, Bogotá y Cali

CONCLUSIÓN

Respecto al proceso de inteligencia competitiva se encontró información de tendencias del entorno, el mercado y la competencia que determina un alto potencial de mercado para la bandeja semirrígida biodegradable a partir de harina de yuca y fique. Entre las tendencias encontradas más determinantes están:

Existen adelantos de investigación de bioempaques son liderados en latinoamerica por países como Colombia, México, Argentina y Brasil

La demanda de soluciones en envases y empaques en Colombia supera el 50% mientras que en el mundo el rango de demanda es de 32% y 35%, indicando un ambiente propicio para la oferta de bandeja biodegradable a partir de yuca y fique

El sector de los bioplásticos representa solo el 1% del mercado total de plásticos sin embargo se espera un crecimiento del 7% para el 2020

El segmento al que mejor puede dirigirse la tecnología por su estado de avance es al de Food service, ya que en el priman los contenedores de alimentos descartables entre ellos las bandejas. En este segmento la demanda se encuentra distribuida de la siguiente forma: un 32% en universidades, 25% en manufacturas, industria y minería, un 20% en deportes, recreación y ocio. Un 13% en gobierno y salud y un 10% en líneas aéreas.

El grupo de investigación Cytbia se interesó en propiciar la transferencia de conocimiento de metodologías como la inteligencia competitiva con los productores de la organización ya que identificaron que los productores pueden ponerla en práctica para el monitoreo del entorno, el mercado y la competencia determinantes en el proceso de comercialización de yuca.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS por la financiación, a la Universidad del Cauca, el CREPIC y la empresa de vigilancia tecnológica InteligenteMente por el acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashton, W. and G. Stacey. 1995. Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunities", *International Journal of Technology Management*, Vol.10 (1), p.81.
- Ashton, W. and G. Stacey. 1995. Technological Intelligence in Business: Understanding Technology threats and opportunities, *Journal of Technology Management*, vol 10 (1), p 32.
- Callon, M., J.P. Courtial, H. Penan. 2004- *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Librería Universitaria Buenos Aires.
- Escorsa, P. *La Vigilancia Tecnológica en la Empresa, Comunicación presentada al VI Seminario de la ALTEC*, Concepción, Chile. 1995.
- Escorsa, P., R. Maspons. 2001. *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Prentice Hall, Madrid.
- Jakobiak, François y Dou, Henri *De L´information documentaire á la veille technologique pour l´entreprise en jeux, aspects généraux et définitoires*, Capitula del libro de Desvals y Dou (editors), *La veille technologique* Dunou, Paris. 1992.
- Makridakis S., S. Wheelwright, R. Hyndman. 1998. *Forecasting: Methods and applications*. 3th ed. United States: John Wiley and Sons.

Agroindustria Sostenible

A nighttime photograph of a city square. In the foreground, a fountain with several tall, thin, vertical jets of water is illuminated with blue light. The water jets are set against a backdrop of modern, multi-story buildings with lit windows. The sky is a deep blue, suggesting dusk or dawn. The overall scene is a blend of urban architecture and natural water features.

II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos
Mayo 27 - 28 - 29 y 30 de 2014 Jardín Botánico Medellín - Colombia

ALCANCES DEL ÁREA TEMÁTICA

- 🍏 Industria agroalimentaria y medio ambiente.
- 🍏 Ingeniería y legislación ambiental.
- 🍏 Gestión de residuos líquidos y sólidos.
- 🍏 Optimización del uso del agua.
- 🍏 Otros.

Contenido

Evaluación del Deterioro Fisiológico Poscosecha de Raíces de Yuca (<i>Manihot esculenta</i>) en Función de la Tasa de Respiración <i>Karen Johana Ortega; Carlos Antonio Vélez; Lisímaco Alonso Alcalá</i>	1189
Protección de Compuestos Antioxidantes de Xoconostle Secados por Aspersión Adicionados en un Queso Oaxaca Funcional <i>Estrada-Fernández A. G, Campos-Montiel R. G., Salcedo-Hernández R., Aguirre-Álvarez G., Pimentel-González D.J.</i>	1191
Residuos Orgánicos Domésticos como Sustrato para la Producción de Hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> <i>Luz S. García-Alzate , Alba Lucia Duque C., Leonardo Padilla S., Luz E. González P.</i>	1194
Obtención de Pectina de Algunos Residuos de la Industria Frutícola <i>Mayra Alejandra Quintero Valbuena, Luz Patricia Restrepo Sánchez</i>	1 196
Evaluación de las Pérdidas Poscosecha en la Cadena de Comercialización del Melón Cantaloupe (<i>Cucumis melo L. Var.Excelsior</i>). <i>María Paula Romero Hoyos, Juan Carlos Lucas Aguirre, Victor Dumar Quintero Castaño.</i>	1199
Determinación de Relación entre Parámetros de Proceso y Rendimiento de Biodiesel Mediante Meta-Análisis. <i>José Alcides Sánchez Torres, Ruth Yolanda Ruiz, Leonardo José González</i>	1201
Tinción de Cuero Empleando Colorantes Naturales Extraídos del Motilón (<i>Hyeronima Macrocarpa</i> Mull. Arg) <i>Ana C. Fuertes-Estrada; Paula C. Cabrera-Muñoz; Diego F. Bermúdez-Gualmatan; Tatiana K. León-Delgado; Ximena P. Narváez-Figueroa y Vladimir E. Vallejo-Castillo</i>	1203
Composición y Análisis Nutricional de Algunas Frutas Tropicales de Origen Colombiano <i>Elizabeth Moreno Gómez; Blanca Laura Ortiz Quintero</i>	1206
Determinación Voltamétrica de Mancozeb, Paraquat, Glifosato, Carbofurano y Metomil en Papa (<i>Solanum Tuberosum</i>) de Ventaquemada-Boyacá <i>Lara Adriana, García Colmenares Mauricio y Chaparro S. Patricia</i>	1208
Evaluación de las Perdidas Poscosecha de Yuca Variedad Chiroza (<i>Manihot esculenta crantz</i>) <i>Hena Ossa, Johan Sebastián, Velásquez Herrera Julián David, Lucas Aguirre Juan Carlos</i>	1211
Propuesta Ambiental para el Manejo Integral de Residuos Químicos Generados en los Laboratorio de Análisis de Alimentos <i>Lina María Jaramillo; Ximena Cifuentes Wchima; Johanna Andrea Serna Jiménez ; Alba Nelly Ardila</i>	1213
Extracción Asistida por Microondas de Pectina Empleando Cáscara de Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>) <i>Luis Eduardo Mosquera Narváez, Diana Edith Molina Soler, Rafael Humberto Gutiérrez Bravo, María Soledad Hernández Gómez,</i>	1216

Identificación de Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos en Trucha Arco Iris Cultivada en Mutiscua-Norte de Santander-Colombia <i>Javier Navia; Maghdiel C Portilla Martínez; Alfonso Quijano Parra</i>	1219
Digestibilidad de Dietas Formuladas con Ensilaje Biológico de Subproductos Piscícolas Para Alimentación de <i>Oreochromis spp</i> <i>Críspulo Perea Román; Yeny Judith Garcés Caicedo;</i> <i>José Luis Hoyos Concha; Nelson José Vivas Quila</i>	1222
Viabilidad de la Obtención de Ácido Láctico a Partir de Naranja Valencia (<i>Citrus sinensis L.</i>) Osbeck Fermentado con <i>Lactobacillus casei</i> ATCC 393. <i>Laura Milena Rivera García; Luisa Fernanda Rincón Herrera; Henry Reyes Pineda</i>	1224
Utilización de los Residuos (Cáscaras) de Lulo (<i>Solanum quitoense</i>) como Fuente de Ácidos Grasos. <i>Jimmy Alexander López Narváez; Pedro Vanegas Mahecha</i>	1226
Caracterización Físico-Química de Fibras de Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) Enfocada al Diseño de Materiales Compuestos <i>Yuliana Cadavid Mora; Edith M.Cadena Chamorro;</i> <i>J. Manuel Vélez Restrepo J. Felipe Santa Marín; Viviana Otalvaro</i>	1228
Determinación de Requerimientos Hídricos para Avena Forrajera (<i>Avena sativa L.</i>) y Raigrás (<i>Lolium perenne</i>) en la Sabana de Bogotá (Colombia). <i>César Terán Chaves; Gilberto Murcia Contreras; Alberto García Prats</i>	1231
Efecto de 1-Metilciclopropeno en la Poscosecha de Mandarina (<i>Citrus Reticulata L.</i>) Var. Arrayana <i>Carlos A. Gómez; Helber E. Balaguera-López;</i> <i>Juan C. García; Aníbal O. Herrera; Víctor J. Flórez</i>	1233
Valoración de Dietas Para Porcinos con Formulaciones que Contienen Residuos Agroindustriales <i>Stephanie Hereira P; Rafael Oliveros B; Luis Boyano O.</i>	1237
Análisis de la Caracterización Química de los Residuos del Cultivo y producción de Zumo de Uva como Materia Prima para la Generación de Energía <i>Angela Viviana Ruales-Salcedo, Andrés Felipe Rojas-González, Carlos Ariel Cardona-Alzate</i>	1240
Caracterización de los Hongos Pleurotus ostreatus Cultivados en Residuos Orgánicos Domésticos <i>Luz S. García Álzate, Alba Lucía Duque C., Leonardo Padilla S., Clara María Mejía Doria</i>	1242
Viabilidad de la Obtención de Ácido Láctico a Partir de Naranja Valencia (<i>Citrus sinensis (L.) Osbeck</i>) Fermentado con <i>Lactobacillus casei</i> ATCC 393. <i>Laura Milena Rivera García; Luisa Fernanda Rincón Herrera; Henry Reyes Pineda</i>	1245

Evaluación del Deterioro Fisiológico Poscosecha de Raíces de Yuca (*Manihot esculenta*) en Función de la Tasa de Respiración

Post-Harvest Deterioration of Cassava Roots (*Manihot esculenta*) in Function of Respiration Rate

Karen Johana Ortega¹; Carlos Antonio Vélez²; Lisímaco Alonso Alcalá³

1 Ingeniera de Alimentos, Grupo de Investigación en Ingeniería de Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Sede Meléndez. karen.ortegav@gmail.com

2 Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Sede Meléndez. carlos.velez@correounivalle.edu.co

3 Ingeniero Agrícola, asociado de investigación, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical. l.alonso@cgiar.org

Resumen. Las raíces de yuca presentan un rápido Deterioro Fisiológico Poscosecha (DFP) que limita su comercialización. El deterioro de un producto agrícola en general está relacionado con su tasa respiratoria. En el presente trabajo se buscó establecer la relación entre DFP y respiración en raíces intactas y partidas de la variedad HMC-1, bajo condiciones de temperatura controlada. Adicionalmente se evaluó la variación de la materia seca y la pérdida de peso. Como resultado, se encontró una relación positiva entre el DFP, la tasa respiratoria y la pérdida de peso ($r^2=0,994$); esto sería útil para comprender y evaluar de manera no destructiva los mecanismos de DFP, lo cual permitiría reducir pérdidas poscosecha de la yuca y expandir su campo de utilización.

Palabras Claves: fisiología, correlación, pico respiratorio, yuca, transpiración.

Abstract. Cassava roots have a rapid Postharvest Physiological Deterioration (PPD), limiting their marketing. Crop deterioration in general is related to their respiratory rate. The aim of this study was to establish the relationship between DFP and respiration in intact and cut roots of HMC-1 variety, under controlled temperature. Additionally the variation of the dry matter and the weight loss was evaluated. As a result, a positive relationship between the DFP in function of the respiratory rate and weight loss ($r^2 = 0.994$) was found; this would be useful to understand and assess in a non-destructively way DFP mechanisms, which would reduce post-harvest losses of cassava and expand its field application.

Key words: physiology, relationship, respiratory peak, cassava, perspiration.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot Esculenta*) es la cuarta fuente de calorías más grande del mundo después del arroz, la caña de azúcar y el maíz, alimentando más de 500 millones de personas en África, Asia y

Latinoamérica (Iyer *et al.*, 2010). Su comercialización extensiva y dinámica se ve afectada entre otros factores por la corta vida de las raíces luego de la cosecha, debido a que experimentan un rápido DFP (Iyer *et al.*, 2010).

El deterioro fisiológico parece estar relacionado con la respiración de un producto y su vida útil con frecuencia puede ser predicha basada en su tasa respiratoria (Henrique *et al.*, 2005). El presente trabajo pretende aportar información sobre la relación entre el deterioro que sufren las raíces de yuca después de la cosecha y sus tasas de respiración para la variedad comercial HMC-1.

MATERIALES Y MÉTODOS

Raíces de yuca de la variedad HMC-1 (10 – 11 meses de edad) fueron suministradas por el Programa de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) localizado en Palmira-Valle. Las raíces sin daños físicos ni microbianos aparentes fueron seleccionadas como muestras intactas. También se obtuvieron muestras partidas eliminando los extremos distales y proximales con el fin de acelerar el DFP. El extremo distal se cubrió con una película plástica transparente para evitar la entrada de oxígeno. Unidades experimentales entre 1,8 y 2kg fueron conformadas y se mantuvieron almacenadas a 23°C de temperatura y 67% de humedad relativa.

La influencia de dos condiciones de estrés de las muestras (raíces intactas y partidas) fue evaluada con base en la tasa de respiración ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), grado de DFP (%), pérdida de peso (%) y contenido de materia seca (%), durante diez días para las raíces intactas y cinco días para las raíces partidas, dado que a partir del sexto día estas muestras presentaron daño microbiológico. El análisis estadístico se realizó con el programa Minitab 16 y la correlación entre las variables de respuesta se realizó con el programa Curve Expert Professional 2.0.3.

La pérdida de peso de cada muestra fue determinada previo a la medición de su tasa respiratoria. Esta tasa se estimó en función de

la producción de CO₂ (Ecuación 1) durante 30 minutos mediante un Respirómetro de medición directa con sensores electrónicos de CO₂ y O₂.

$$\frac{\text{tasa de producción de CO}_2 (\text{mgCO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}) \times \text{Volumen libre cámara (m}^3)}{\text{Peso (kg)}} = \text{Tasa de Respiración (mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$$

Ecuación 1. Tasa de respiración en función de la producción de CO₂.

Una vez determinada la tasa respiratoria, las raíces se partieron para la evaluación del DFP según el método descrito por Medina *et al.*, 2013. Muestras entre 8 y 10 gramos de los trozos de yuca utilizados en la evaluación de DFP se tomaron para determinar por triplicado el contenido de materia seca según la AOAC 925.09-1925.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la Figura 1 las raíces partidas presentaron mayores grados de DFP, tasas de respiración y pérdidas de peso que las raíces intactas ($p < 0,05$). Una mayor pérdida de peso fue encontrada para las raíces partidas, hecho que se explica al considerarse la pérdida de peso como la suma de la cantidad de sustrato (almidón) perdida por la respiración y vapor de agua por la transpiración, procesos que se vieron favorecidos por el corte realizado.

El contenido de materia seca no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las raíces intactas (37,12%) y las muestras partidas (38,54%) durante el período de almacenamiento, comportamiento también reportado por Booth, 1977 y Sánchez *et al.*, 2013 para raíces de yuca en almacenamiento.

La tasa respiratoria y el deterioro fisiológico de las raíces intactas

(Figura 2) presentaron un comportamiento similar, con un crecimiento pronunciado a partir del tercer día después de cosecha, lo que sugiere una estrecha relación entre estas dos variables. El pico cercano al día 5 podría estar relacionado con los cambios bioquímicos característicos de los mecanismos del DFP mencionados por Hirose *et al.*, 1984 para yuca; entre estos mecanismos se destaca una alta actividad de la enzima peroxidasa reportada por Reilly *et al.*, 2004 para la variedad M-Col, responsable de la oxidación de la escopoletina, que a su vez ha sido relacionada directamente como una de las causantes del DFP (Sánchez *et al.*, 2013).

La ecuación 2 y la Figura 3 resultaron a partir de la correlación realizada entre las variables de respuesta DFP, pérdida de peso (PP) y tasa de respiración (TR), con un R² de 0.994 y un error estándar de 1,7811.

En la Figura 3 se observa un mayor grado de DFP a una mayor tasa

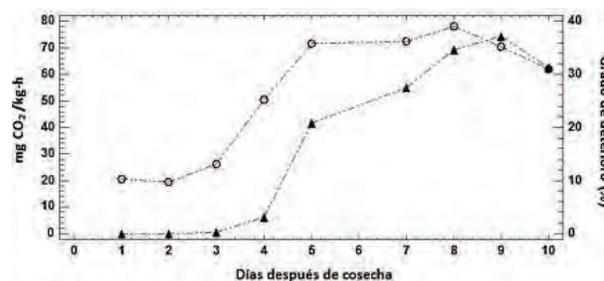


Figura 2. Relación entre DFP y tasa respiratoria para las raíces intactas de la variedad HMC-1.

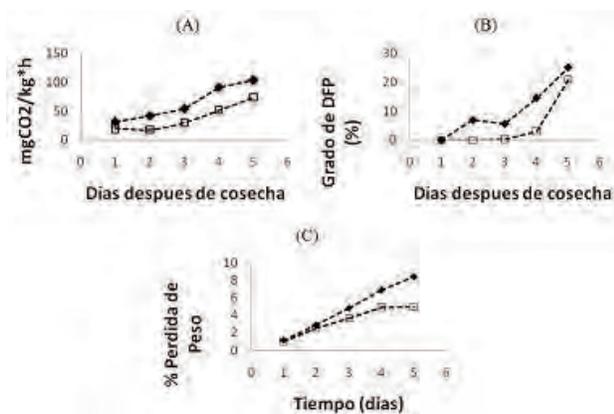


Figura 1. Variación de las tasas respiratorias (A), grados de DFP (B) y pérdidas de peso (C) entre raíces partidas y raíces intactas

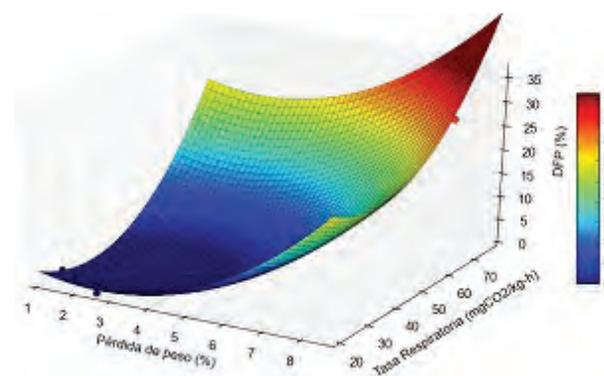


Figura 3. Relación entre DFP, TR y PP, para raíces intactas de la variedad HMC-1 evaluadas durante los primeros diez días después de la cosecha.

respiratoria y una mayor pérdida de peso.

$$DFP = 18,496 - 3,395 * PP - 9,674 * TR + 0,658 * PP^2 + 0,014 * TR^2$$

Ecuación 2. Relación entre el grado de DFP (%) y la pérdida de peso (%) y la tasa de respiración (mg CO₂/Kg.-h) para raíces de yuca intactas (variedad HMC1).

CONCLUSIÓN

Los resultados permitieron establecer que existe una relación directa entre el DFP, la tasa de respiración y la pérdida de peso en raíces de yuca de la variedad HMC-1. Lo anterior es útil para comprender y evaluar de manera no destructiva los mecanismos de DFP, lo cual permitiría reducir pérdidas poscosecha de la yuca y expandir su campo de utilización.

BIBLIOGRAFÍA

Iyer S., D.S. Mattinson and J.K. Fellman. 2010. Study of the Early Events Leading to Cassava Root Postharvest Deterioration. *Trop. Plant Biol* 3(3): 151–165.

Henrique, G., J.F. Durigan and M.A. Lima. 2005. Postharvest changes

and respiratory pattern of bacuri fruit (*Platonia insignis* Mart.) at different maturity stages during ambient storage. *Acta Amaz* 35(1): 17–21.

Medina, S., L.M. García, C. Vélez, L. Alonso y A. Fernandez. 2013. Estudio comparativo de conservación de raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) recubiertas con cera natural y parafina. *Inf. Técnico* 77(1): 17–21.

Booth R.H., 1977. Storage of Fresh Cassava (*Manihot esculenta*). II. Simple Storage Techniques. *Exp. Agric* 13(2): 119–128.

Sánchez, T., D. Dufour, J.L. Moreno, M. Pizarro, I.J. Aragón, M. Domínguez and H. Ceballos. 2013. Changes in extended shelf life of cassava roots during storage in ambient conditions. *Postharvest Biol. Technol* 86:520–528.

Hirose, S., E. S. Data, M.A. Quevedo and I. Uritani. 1984. Relation between Respiration and Post-Harvest Deterioration in Cassava Roots. *Japanese J. Crop Sci.* 53(2):187–196.

Reilly, K., R. Gómez-Vásquez, H. Buschmann, J. Tohme and J. R. Beeching. 2004. Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. *Plant Mol. Biol.* 56(4): 625–41.

Protección de Compuestos Antioxidantes de Xoconostle Secados por Aspersión Adicionados en un Queso Oaxaca Funcional

Antioxidant Compounds Protection from Xoconostle by Spray Dried Added in a Functional Oaxaca Cheese

Estrada-Fernández A. G¹, Campos-Montiel R. G¹, Salcedo-Hernández R², Aguirre-Álvarez G¹, Pimentel-González D.J.^{1*}

¹ ICAp-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario S/N Km. 1, C. P. 43600 Tulancingo, Hgo., México.* dianajpg@gmail.com

² Departamento de Alimentos. División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal S/N carretera Irapuato-Silao Km 9, C.P. 36500.

Resumen. Los compuestos antioxidantes ofrecen beneficios para la salud, sin embargo son susceptibles a factores como la temperatura y la presencia de luz que limitan su aplicación en alimentos. El Objetivo de este trabajo fue evaluar la protección de compuestos antioxidantes de extractos de Xoconostle por secado por aspersión durante el proceso de elaboración y fundido del queso Oaxaca funcional. Los resultados mostraron que el contenido de fenoles totales de extractos de Xoconostle encapsulado en el queso (AE) fue de $24,14 \pm 2,13$ mg EAG/100g de queso y después de ser sometido a un fundido a una temperatura de 73 °C por tres minutos su reducción no fue significativa ($20,07 \pm 1,98$ mg EAG/100g de queso), siendo menor el tratamiento de fenoles

totales de extractos de Xoconostle sin encapsular (ASE) que fue de $9,70 \pm 2,78$ mg EAG/100g de queso fundido. El mismo comportamiento fue observado para la actividad antioxidante con ABTS de AE, $88,83 \pm 1,99$ % y $9,76 \pm 1,78$ % con ASE y en la actividad antioxidante con DPPH $70,38 \pm 0,94$ % con QE y $5,58 \pm 0,83$ % con QSE. Confirmando que la encapsulación es un método para conservar compuestos que son sensibles, a factores como la temperatura de procesamiento, permitiendo la obtención de un queso Oaxaca funcional.

Palabras Claves: Encapsulación, extracción, Compuestos fenólicos, ABTS y DPPH

Abstract: Antioxidant compounds offer benefits for the health however are susceptible to factors such as temperature and light, limiting their application in foods. The aim of this work was to evaluate the protection of antioxidant compounds of extracts for *Xoconostle* by the spray drying technique in protecting antioxidant compounds, when subjected to stress conditions during preparation and melting of functional Oaxaca cheese. The results showed that the total phenolic content extracts of *Xoconostle* encapsulated (AE) was 24.00 ± 2.13 mg EAG/100g cheese and after being subjected to a melting at 73°C for 3 minutes the reduction was not significant (20.07 ± 1.98 mg EAG/100g cheese), compared to cheese with extracts of *Xoconostle* unencapsulated (ASE) was 9.70 ± 2.78 mg EAG/100g cheese melted. The same behavior was observed for antioxidant activity with ABTS were 88.83 ± 1.99 % AE and 9.76 ± 1.78 % ASE and the antioxidant activity with DPPH 70.38 ± 0.94 % AE and 5.58 ± 0.83 % AES. This confirm that the encapsulation is a method for preserving compounds sensitized to damage of factors such as temperature for processing, allowing to obtain a functional Oaxaca cheese.

Keys Words: Encapsulation, extracts, phenolic compounds, ABTS y DPPH

INTRODUCCIÓN

La evolución que va teniendo la humanidad en cuanto a la manera de alimentarse ha generado el desarrollo de alimentos funcionales, que afecten benéficamente una o más funciones en el cuerpo humano, más allá de los efectos nutricionales. El *Xoconostle* (*Opuntia oligacantha*) es un fruto que contiene gran cantidad de compuestos antioxidantes (Esquivel et. al., 2011), que al agregarlos a los alimentos pueden ofrecer beneficios en la reducción de algunas enfermedades; sin embargo estos compuestos son sensibles a las elevadas temperaturas y la luz, limitando su aplicación en el procesamiento de alimentos. Una solución a este problema puede ser la encapsulación mediante secado por aspersión donde se obtienen tamaños de partículas de 10 a 100 μm . En México, el queso Oaxaca es ampliamente consumido. La aplicación de compuestos con propiedades antioxidantes se ve limitada en este tipo de quesos dadas las altas temperaturas que son empleadas durante su elaboración y consumo, debido a que este alimentos se consume fundido. El presente trabajo tiene como objetivo la protección de los compuestos antioxidantes del fruto *Xoconostle* a través de secado por aspersión para su utilización en la elaboración de queso Oaxaca funcional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de compuestos antioxidantes: por cada 200 gr de pulpa de *Xoconostle* (*Opuntia joconostle*) se agregaron 100 μL del

complejo enzimático que contenía hemicelulasas y pectinasas, fueron macerados durante tres horas en oscuridad. Transcurrido este tiempo se realizó un filtrado. La pulpa se almacenó en refrigeración hasta su utilización.

Formación de la cápsula: La pulpa, se mezcló con maltodextrina y goma arábica (50:50), empleando un secador por aspersión Mini Spray Dryer (marca Büchi modelo B-290), a una temperatura de entrada 160°C , 4 bares de presión y 20 mL min⁻¹ de flujo de entrada. Adición de compuestos antioxidantes encapsulado en queso Oaxaca: las cápsulas o el compuesto antioxidante libre fueron adicionados en una relación de 33g/L. La leche a utilizarse para la elaboración de los quesos fue pasteurizada a 72°C por 15 minutos. El pH de la leche fue disminuido con ácido cítrico (10 % p/p) hasta obtener un pH de $5,47 \pm 0,03$, posteriormente fue añadido Cloruro de calcio (0,20 g/L) y el cuajo. La cuajada fue estirada en agua caliente (75°C) hasta formar una pasta elástica y suave. Se obtuvieron dos tratamientos de queso Oaxaca 1) queso con antioxidantes encapsulados por secado por aspersión (AE) y 2) queso con antioxidantes libres (ASE). El queso Oaxaca adicionado con antioxidantes fue posteriormente fundido a una temperatura de 73°C durante 3 min. Extracción de compuestos antioxidantes, a dos gramos de queso picado finamente, se realizó una primera extracción con etanol al 50% por 30 min., se centrifugó a 6,500rpm a 4°C por 15 minutos. Se realizó una segunda extracción con acetona al 50% se centrifugó obteniendo un sobrenadante dos. Se mezclaron los dos sobrenadantes para obtener sólo uno, se centrifugó y se utilizó esta extracción para la determinación de actividad antioxidante (Munguía et. al., 2009). Fenoles totales: a 1 mL del extracto se agregó 5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10), se dejó reposar por 6 minutos, se añadieron 4 mL de carbonato de sodio al 20% dejando reposar por 120 minutos, se leyó la muestra en un espectrofotómetro a 760nm. Dado que los resultados deben ser expresados en equivalentes de ácido gálico fue necesario realizar una curva de calibración (Munguía et. al., 2009). Actividad antioxidante: se utilizó 2,7 mL de 1, 1-diphen y l-2-picrilhidrazil (DPPH) (diluido al 80 % en metanol), con 0,3 mL del extracto, se agitó por 15 segundos, se tomó la lectura de la absorbancia obtenida a una longitud de onda de 515 nm y se dejó reposar en la oscuridad por 120 minutos, se tomó la absorbancia final para determinar el % de inhibición (Munguía et. al., 2010)). Para la técnica de ABTS (Acido 2, 2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) – 6 – sulfonic), se utilizó a una concentración de 7 mM, haciéndola reaccionar con 10 mL de K2S2O8 de una concentración 2,45 mM. Se midió su absorbancia inicial a 2 mL del reactivo de ABTS añadiendo 200 μL de la muestra, se dejó reaccionar por 6 minutos y se leyó la absorbancia final a 734 nm. Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición (Re

et al., 1999). Diseño estadístico: los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza ($p < 0,05$) empleando un diseño completamente al azar y la técnica de Tukey para comparación de medias

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta los resultados para fenoles totales en queso Oaxaca, existiendo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos tratamientos (queso Oaxaca con antioxidantes encapsulados por secado por aspersión (AE) y queso Oaxaca con antioxidantes libres (ASE). La técnica de secado por aspersión permitió efectivamente la microencapsulación y la de protección a los compuestos fenólicos extraídos del Xoconostle, presentando una mayor concentración en el tratamiento AE ($24,14 \pm 2,13$ mg EAG/100g de queso) con respecto al tratamiento ASE ($13,45 \pm 1,54$ mg EAG/100g de queso). Este mismo comportamiento fue observado para el queso fundido ($20,07 \pm 1,98$ mg EAG/100g de queso y $9,70 \pm 2,78$ mg EAG/100g de queso) para el tratamiento AE y ASE respectivamente.

Estos valores son similares a lo reportado por Meira *et al.*, (2012), quienes evaluaron queso Roquefort, encontrando contenido de fenoles totales de $22,81 \pm 0,09$ mg EAG/100g de queso.

Con respecto a la actividad antioxidante en DPPH (Figura 2) y ABTS (Figura 3), también se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Mediante el método DPPH se encontró un porcentaje de inhibición de $96,41 \pm 1,13\%$ para el tratamiento AE, contra $12,98 \pm 0,52\%$ de ASE, observándose el mismo comportamiento pero con una disminución en los valores después del proceso de fundición del queso (AE; $70,38 \pm 0,94$ y ASE; $5,58 \pm 0,83\%$). La actividad antioxidante para ABTS, muestra la misma tendencia, teniendo las concentraciones más elevadas en el queso Oaxaca con los antioxidantes encapsulados tanto en queso fresco como después de haber sido fundido (fresco; $97,24 \pm 2,33\%$ y fundido; $88,83 \pm 1,99\%$) con respecto al extracto sin encapsular (fresco;



Figura 1. Contenido de fenoles en queso Oaxaca y después del fundido.

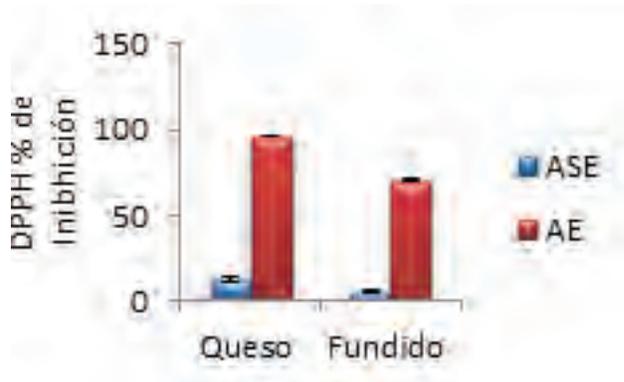


Figura 2. Actividad antioxidante en DPPH en queso Oaxaca y después del fundido.

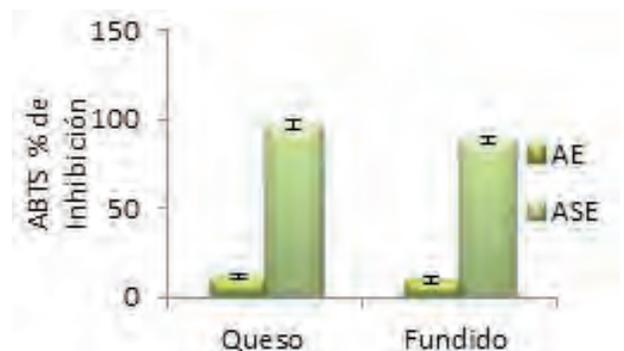


Figura 3. Actividad antioxidante en ABTS en queso Oaxaca y después del fundido.

$11,19 \pm 1,23\%$ y fundido; $9,76 \pm 1,78\%$). Silva *et al.* (2012), reportan un porcentaje de inhibición por ABTS y DPPH de $91,1 \pm 0,43\%$ para un queso Brasileño, donde se aplican temperaturas en el proceso de elaboración similar al del queso Oaxaca (70°C) después de haber transcurrido dos horas. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIÓN

La encapsulación empleando la técnica de secado por aspersión permitió la protección de los compuestos antioxidantes presentes en el fruto del Xoconostle, para su utilización en la elaboración de queso Oaxaca funcional, bajo las temperaturas empleadas en el proceso de elaboración previa, así como en el fundido.

AGRADECIMIENTOS

El Apoyo recibido por PROMED de la SEP de México para la Red Biotecnología Alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Esquivel, O.O., A.O. Moreno, V.B. Álvarez, L.D. Álvarez and M.M. Giusti. 2011. Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconstle* fruits. *Food Research International*, 44(1), 2160-2168.
- Meira, S.M.M., D. J. Daroit, V.E. Helfer, A.P.F. Corrêa, J. Segalin, S. Carro and A. Brandelli. 2012. Bioactive peptides in water-soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brazil and Uruguay. *Food Research International*, 48(1), 322-329.
- Munguía, A.R., E.A. Nieto, C.I. Beristain, F.C. Sosa and E.J.V. Carter. 2009. Purple maguey (*Rhoeo discolor*) antioxidant properties. *CyTA- Journal of Food*, 7(3), 209-216.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang y E.C. Rice 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical action decolonization assay. *Free Radical Biology and Medicin*, 26(1), 1231-1237.
- Silva, R.A., M.S.F. Lima, J.B.M. Viana, V.S. Bezerra, M.C.B. Pimentel, A.L.F. Porto, M.T.H. Cavalcanti, and J.L.L. Filho 2012. Can artisanal "Coalho" cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food?. *Food Chemistry*, 135(1), 1533-1538.

Residuos Orgánicos Domésticos como Sustrato para la Producción de Hongos *Pleurotus ostreatus*

*Organic Waste as Substrate for *Pleurotus ostreatus* Mushroom Production*

Luz S. García-Alzate ¹, Alba Lucia Duque C.², Leonardo Padilla S.³, Luz E. González P.⁴

¹ Química, Candidata a M.Sc. Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. legata.928@gmail.com

² Profesor asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. albdunque@uniquindio.edu.co

³ Profesor asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío; Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad del Tolima. leopadsa@yahoo.com.

⁴ Licenciada en biología y química, M.Sc. Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío.

Resumen. Los hongos *Pleurotus ostreatus* son microorganismos considerados agentes primarios de descomposición. El objetivo de esta investigación fue emplear residuos orgánicos domésticos como sustrato para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus*. Los residuos orgánicos domésticos se desinfectaron con carbonato de calcio al 0,6%, se inocularon al 4% con semilla del hongo *Pleurotus ostreatus*; se les determinó precocidad, eficacia biológica, rendimiento medio y pérdida del proceso. Los cuerpos fructíferos presentaron una precocidad de 16 días, un porcentaje de eficacia biológica del 25,09%, un rendimiento medio del 75% y no se observó pérdida en el proceso. Se demostró que los residuos orgánicos domésticos permiten ser utilizados como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*, siendo una alternativa que minimiza la contaminación ambiental debido a la disminución del volumen de estos residuos.

Palabras clave: Obtención de cuerpos fructíferos, cultivo, semilla, orellanas.

Abstract. *Pleurotus ostreatus* fungi are microorganisms considered primary agents of decomposition. The objective of this research was to use organic household waste as a substrate for *Pleurotus ostreatus* mushroom production. Organic waste is disinfected with calcium carbonate 0.6%, were inoculated with 4% seed fungus *Pleurotus ostreatus*. Precocity, biological

efficacy, average yield and loss process were determined. The fruiting bodies showed a precocity of 16 days, a percentage of biological efficacy of 25.09%, an average yield of 75% and no loss was observed in the process. It was demonstrated that the organic domestic waste materials can be used as substrate for the production of *Pleurotus ostreatus*, one alternative that minimizes environmental contamination due to the decrease in volume of these residues.

Key words: production of fruiting bodies, farming, seed, orellana.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana genera grandes cantidades de residuos orgánicos domésticos, considerados subproductos que ocasionan un impacto ambiental adverso, convirtiéndose en un problema para la sociedad. Por lo que actualmente, se buscan alternativas que permitan disminuirlos, siendo transformados biológicamente para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus*, ya que estos ayudan a minimizar el volumen de material orgánicos (Rodríguez y Jaramillo, 2005). El objetivo de esta investigación fue producir hongos *Pleurotus ostreatus* en sustrato de residuos orgánicos domésticos de la ciudad de Armenia.

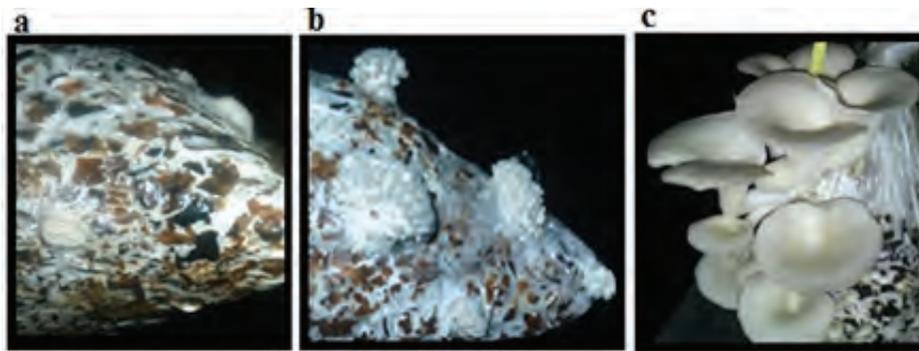


Figura 1. Producción de hongos *Pleurotus ostreatus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acondicionamiento de los residuos orgánicos domésticos (ROD). Se recolectaron los residuos orgánicos de viviendas seleccionadas de la ciudad de Armenia, los cuales contenían cáscaras de plátano, yuca, papa y frutas como papaya, mandarina, naranja, mango; además de hojas y tallos de hortalizas (apio, lechuga, espinaca, entre otros); quienes fueron desinfectados por inmersión con solución de carbonato de calcio al 0,6% durante 13 días (Rodríguez y Jaramillo, 2005); se preparó además un sustrato control con cascarilla de arveja.

Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. La inoculación se realizó en bolsas entre 1000 y 1500 gramos, mezclando sustrato con semilla a una concentración de 4%. La cosecha del cuerpo fructífero se efectuó manualmente sacando el hongo del sustrato cuando el píleo estuvo casi plano, como lo indica Saavedra, (2007).

Evaluación del cultivo. A los cuerpos fructíferos cosechados se les determinó precocidad en días, porcentajes de eficacia biológica, rendimiento medio y pérdida del proceso.

La precocidad es el tiempo que transcurre desde día de la siembra hasta la aparición de los primordios. La eficiencia biológica es la relación entre el porcentaje del peso fresco del hongo y el peso del sustrato seco. El rendimiento medio es la relación entre el porcentaje del peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo. La pérdida del proceso es la cantidad de bolsas de sustrato que no son invadidas por el micelio (Toledo, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra la invasión del micelio (1a), aparición de los primordios (1b) y hongos producidos (1c), en los residuos orgánicos domésticos.

En la Figura 1a, se observa una superficie homogénea blanco-algodonosa, con aspecto de masa compacta, indicando la

invasión óptima del micelio. En la Figura 1b, se muestra el periodo de incubación, el cual fue de 11 días; siendo menor en comparación con el sustrato control (12 días) y lo reportado por Toledo (2008) en sustratos de maíz y quinua (15 días). La figura 1c, presenta la formación de los cuerpos fructíferos, la cual ocurrió alrededor del quinto día después de la aparición de los primordios (protuberancias aglomeradas), resultados similares fueron reportados por Rodríguez y Jaramillo, (2005) en sustrato de pulpa de café. Esta investigación mostró resultados óptimos debido a los componentes de los sustratos, los cuales contenían lignina y celulosa presentes en las cáscaras de los tubérculos, frutos y hojas de hortalizas; siendo la fuente de desarrollo del hongo.

En la tabla 1, se observa la evaluación realizada a la producción de los hongos *Pleurotus ostreatus*, donde se consideraron los parámetros de precocidad (días), eficacia biológica (%), rendimiento medio (%) y pérdida del proceso (%).

Tabla 1. Evaluación de la producción de los hongos *Pleurotus ostreatus*.

Variables	HONGOS (\pm D.S)	
	Residuos Orgánicos	Control
Precocidad (días)	16	17
Eficacia biológica (%)	25,09 \pm 0,50	9,81 \pm 0,93
Rendimiento medio (%)	75,27 \pm 1,52	29,43 \pm 2,81
Pérdida del proceso (%)	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00

La precocidad en los sustratos ROD, presentó menor tiempo (16 días), en comparación del control (17 días) y lo reportado por Saavedra, (2007) y Toledo, (2008), donde los hongos tuvieron una precocidad de 22 y 20 días en sustratos de residuos de alperujo y residuos de maíz y quinua, respectivamente. Esta rapidez en la producción fue debida a los componentes ricos en lignina y celulosa presentes en las cáscaras de los tubérculos,

frutos y hojas de hortalizas; los cuales consumen los hongos al realizar la descomposición aeróbica de un sustrato, generando un ambiente óptimo para su desarrollo.

Los hongos obtenidos a partir de residuos orgánicos domésticos reportaron mayor eficacia biológica (25,09%), en comparación con el sustrato control (9,81%); debida a que la composición de estos sustratos proporcionó mayor cantidad de nutrientes al mismo. A diferencia de lo reportado por Sánchez (2013), donde el porcentaje de eficacia biológica fue de 11,9% en sustratos de mezcla de estopa de coco, palma viajero y Bambú spp).

El rendimiento medio presentó una rentabilidad del 75,27% siendo mayor, debido a los componentes de tubérculos, frutas y hortalizas; en comparación con el sustrato control, el cual obtuvo una rentabilidad del 29,43%; datos inferiores son reportados por Toledo (2008) sobre sustratos de residuos de maíz y quinua (44,21% y 14,51%, respectivamente).

CONCLUSIÓN

Los residuos orgánicos domésticos permiten ser utilizados como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*, siendo una alternativa que minimiza la contaminación ambiental debido a la disminución del volumen de estos residuos.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y a la Universidad del Quindío, por la financiación de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez, C. y N. Jaramillo. 2005. Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Centro Nacional de Investigación CENICAFE. 61 p.
- Saavedra, M. 2007. Biodegradación de alperujo utilizando hongos del género *Pleurotus* y anélidos de la especie *Eisenia foena*. Tesis doctor. Instituto de Biotecnología. Universidad de Granada. México. 243 p.
- Sánchez, C. 2013. Evaluación de la productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre un residuo agroindustrial del departamento del Valle del Cauca y residuos de papa de la universidad Autónoma de Occidente. Trabajo de pregrado en Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma de Occidente. Colombia. 94 p.
- Toledo, M. 2008. Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Tesis pregrado Ingeniería en biotecnología ambiental. Facultad de Ciencias Químicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 125 p.

Obtención de Pectina de Algunos Residuos de la Industria Frutícola

Pectin Obtention From Some Fruit Industry Waste

Mayra Alejandra Quintero Valbuena¹, Luz Patricia Restrepo Sánchez²

¹ Maestría Ciencias- Química, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. maquinterov@unal.edu.co

² Profesora Asociada, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. lprestrep@unal.edu.co

Resumen: Residuos de la industria frutícola en Colombia son tanto un problema ambiental como económico. En un intento de encontrar un uso conveniente de dichos residuos, se determina la cantidad de pectina presente en: curuba (*Passiflora tripartite*, *mollissima variety*), lulo (*Solanum quitoense*), granadilla (*Passiflora ligularis*), gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*). La extracción de pectina se llevó a cabo por dos métodos, uno con HCl y el otro con una solución ácido oxálico/

oxalato de amonio. Se realiza un ANOVA de una vía arrojando que solo se hay diferencia significativa en los métodos para residuo jugo gulupa (RJG) y cascara total curuba (CTC). Por los dos métodos se obtienen pectinas coloreadas y los residuos de jugo de cada una de las frutas tendrían un uso limitado en la industria puesto que se obtienen pectinas muy oscuras.

Palabras Clave: Extracción, HCl, ácido oxálico/oxalato de amonio, aprovechamiento de residuos

Abstract: Fruit industry wastes in Colombia are both an environmental and an economic problem. In an attempt to find a convenient use of fruits wastes, we quantified the pectin content in several fruits like curuba (*Passiflora tripartite, mollissima variety*), lulo (*Solanum quitoense*), granadilla (*Passiflora ligularis*), gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*), tomate de arbol (*Solanum betaceum*) residues. Pectin extraction took place by two different methods. The first is hydrochloric acid and the second treatment with an oxalic acid/amonium oxalate solution. One way ANOVA reveals that only significant difference is in the methods of residues from gulupa juice (RJG) y curuba peel (CTC). For both methods are obtained colored pectins and the pectin extracted from fruit juice's waste is very dark, therefore its application in the industry field is limited.

Key words: Extraction, hydrochloric acid, oxalic acid/amonium oxalate, waste utilization.

INTRODUCCIÓN

Las frutas son de interés nutricional ya que ayudan a combatir diferentes enfermedades, enfermedades coronarias, entre otras, nutricionalmente poseen una apreciable cantidad de fibra, principalmente pectina (Gorrasi *et al.*, 2012). La pectina es un polisacárido compuesto de una columna vertebral de ácido D-galacturónico enlazado α -1,4 (Jeong *et al.*, 2013) y esta pectina hace parte de la fibra soluble, la cual tiene múltiples beneficios en la salud humana (Cubides, 2007). Es por tanto de interés estudiar el contenido de pectina en los residuos frutales, en Colombia dichos residuos hacen parte de los residuos industriales que son de importancia, ya que siguen convirtiéndose en un gran problema no solo ambiental sino económico (Yepes y Sánchez, 2008). Por lo tanto este trabajo busca de determinar la cantidad de pectina presente en los diferentes residuos de frutas, para tener otra aplicación de los mismos y ser aprovechados al máximo.

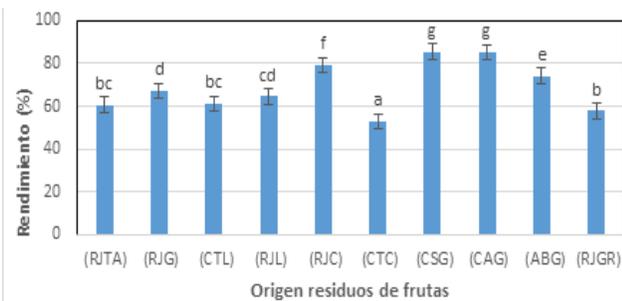


Figura. 1. Rendimiento de la extracción de pectina (en base seca) a partir de residuos frutícolas por el método químico (ácido oxálico/oxalato de amonio)

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Preparación y liofilización. Se prepara 100g de la muestra y se liofiliza. Los residuos se separan en: residuos jugo lulo (RJL), corteza total lulo (CTL); residuo jugo gulupa (RJG), cáscara gulupa (CG), residuo jugo tomate árbol (RJTA), cáscara tomate de árbol (CTA); residuo jugo curuba (RJC), cáscara total curuba (CTC); residuo jugo granadilla (RJGR), cáscara sin mesocarpio granadilla (CSG), mesocarpio granadilla (ABG), cáscara total granadilla (CAG).

Extracción de Pectina. Método con Ácido Clorhídrico (Clásico) (Cubides, 2007). A 5,0g de residuos de cada fruta se les realiza una extracción con HCl (pH 1,0; 90°C, 1h). Se filtra al vacío y se precipita con etanol al 96% y 70%. Finalmente un secado a 45°C toda la noche. Método Químico (Lim *et al.*, 2012). 5,0g de residuo de fruta se tratan con etanol (85%, 70°C, 20 min) se filtra al vacío. Se agita con la solución ácido oxálico/oxalato de amonio (0,25%, pH 4,6; 85°C, 1h) y se filtra al vacío. Luego se lava con etanol al 96% y se centrifuga (14500Xg, 10min). El residuo se lava con etanol al 70% y 90% y se seca a 50°C.

Estadística. Se realiza una comparación por la prueba de múltiple rango para diferencias significativas a un nivel del 95%, entre los residuos en cada método y un análisis de ANOVA de una vía para determinar si existe diferencia significativa entre el rendimiento de los métodos de extracción de pectina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción de pectinas de los residuos de frutas se realizó por dos métodos, uno con solución de ácido oxálico/oxalato de amonio y el otro HCl diluido. En el primer método la cantidad de pectina obtenida se observa en la Figura.1, al comparar entre los residuos de frutas se observa que el mayor rendimiento se obtuvo para cáscara sin mesocarpio granadilla (CSG) y cáscara total granadilla (CAG), además entre estos dos estadísticamente no presentan diferencia significativa, la

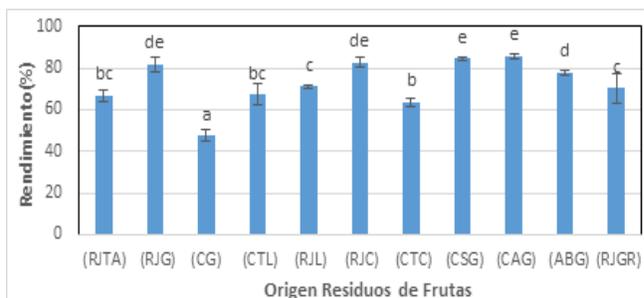


Figura. 2. Rendimiento de la extracción de pectina (en base seca) a partir de residuos frutícolas por el método clásico (HCl, diluido)

cáscara. El menor rendimiento se presenta para la cáscara total curuba (CTC), pero de estas frutas no se conocen datos de fibra dietaría, por lo tanto para asegurar que todo lo extraído sea fibra soluble se debe hacer la determinación de fibra dietaría y distinguir la soluble e insoluble.

En la extracción con una solución de HCl (pH 1), se obtienen los rendimientos mostrados en la Figura.2, al comparar el rendimiento entre los residuos de frutas se observa que el mayor rendimiento es para la cáscara sin mesocarpio de granadilla (CSG) y cáscara total de granadilla (CAG), además entre estos dos estadísticamente no presentan diferencia significativa y se presenta un menor rendimiento para la cáscara de gulupa.

La cantidad pectina no se compara con otras pectinas de residuos de otras frutas como naranja, piña, mango, puesto que la extracción se ha realizado por otros métodos. El análisis estadístico, al comparar los métodos de extracción para cada uno de los residuos, muestra que solo se encuentra diferencia significativa en los métodos de extracción para los residuos jugo gulupa y cáscara total curuba, puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los dos métodos de extracción. Para los otros residuos analizados no se encuentra

diferencia en realizar la extracción de pectina por un método u otro, por lo tanto se tendría que evaluar las propiedades químicas y físicas de las pectinas obtenidas, para escoger el método.

Las pectinas obtenidas por los dos métodos se intentaron purificar con múltiples lavados con etanol, pero aun así se siguen observando pectinas muy coloreadas (Figuras 3 y 4), por lo tanto para retirarles el color se deben plantear otros métodos de purificación, ya que las pectinas coloreadas pueden tener un uso limitado en la industria. Se observa que las pectinas obtenidas por el método químico aparentemente son más claras que las obtenidas por el método clásico, al ser el método con HCl diluido más agresivo, además de tener un alto impacto ambiental, de ahí que se busquen nuevas soluciones que mejoren el rendimiento, las propiedades de la pectina y sean más amigables con el medio ambiente.

CONCLUSIÓN

Por los métodos de extracción de pectina, con HCl y ácido oxálico/oxalato de amonio, el rendimiento de extracción fue mayor para corteza total granadilla y corteza sin alveolo granadilla sin presentar diferencias significativas entre ellas. Además por el ANOVA de una vía para los métodos muestra

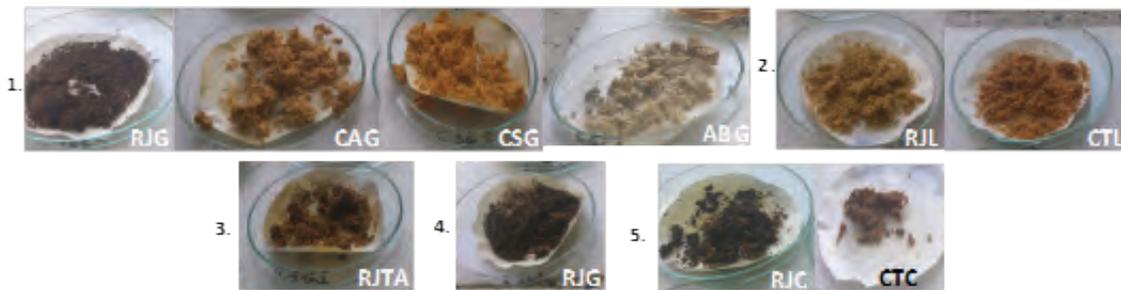


Figura 3 Pectinas obtenidas de los residuos de frutas por el método químico (1. Granadilla; 2. Lulo; 3. Tomate de árbol, 4. Gulupa; 5. Curuba)

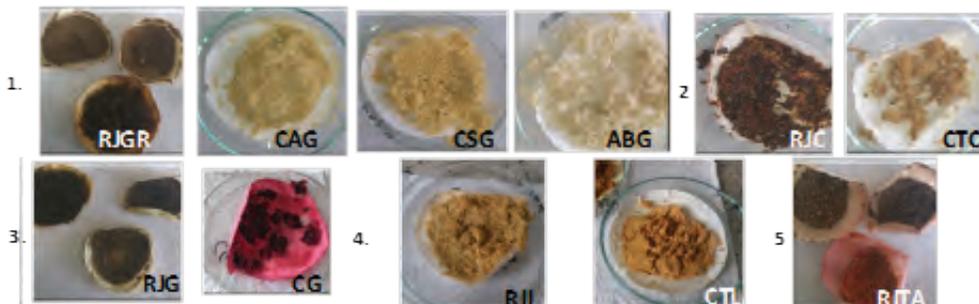


Figura 4 Pectinas obtenidas de los residuos de frutas por el método clásico (1. Granadilla; 2. Curuba; 3. Gulupa, 4. Lulo; 5. Tomate de árbol)

que solo se presenta diferencia significativa entre los métodos de extracción para residuo jugo gulupa y para cascara total de curuba. Finalmente por los dos métodos de extracción de pectina se obtienen pectinas coloreadas que tendrían un uso limitado en la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- Cubides C. 2007. Extracción de Pectina de la Guayaba (*Psidium guajava*) a Escala de Planta Piloto. Tesis Especialización en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia.
- Jeong H.S., H.Y. Kim, S.H. Ahn, S.C.Oh, I. Yang and I.G. Choi. 2013. Effects of combination processes on the extraction of pectins from rapeseed cake (*Brassica napus* L.). *Food Chemistry*, 139:9-15.

- Lim J., J. Yoo, S. Ko and S. Lee. 2012. Extraction and characterization of pectin from Yuza (*Citrus junos*) pomace: A comparison of conventional-chemical and combined physical-enzymatic extractions. *Food Hydrocolloids*, 29:160-165
- Gorrasi G., V. Bugatti and V. Vittoria. 2012. Pectins Filled with LDH-antimicrobial molecules: Preparation, characterization and physical properties. *Carbohydrate Polymers*. 89: 132-137.
- Yepes S. y F. Sánchez. 2008, Valorización de residuos agroindustriales-frutas-en medellín y el sur del valle del aburrá, colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 4422-4431.

Evaluación de las Pérdidas Poscosecha en la Cadena de Comercialización del Melón Cantaloupe (*Cucumis melo* L. *Var.Excelsior*).

Cantaloupe (Cucumis melo L. Var.Excelsior) Post - Harvest Marketing Chain Losses Evaluation

Maria Paula Romero Hoyos¹, Juan Carlos Lucas Aguirre², Victor Dumar Quintero Castaño².

¹ Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. mpromeroh@uqvirtual.edu.co

² Profesor Asistente. Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales Universidad del Quindío.

Resumen. El objetivo principal de este trabajo fue determinar en que eslabones de la cadena de comercialización del melón cantaloupe (*Cucumis melo* L. *Var.Excelsior*), se presentan las mayores pérdidas poscosecha. Fue así como se determinaron los puntos críticos en la cadena donde más se generan y producen daños al producto, identificando y estableciendo el tipo de daño y/o pérdida presentado y las causas de estos. Igualmente, se cuantificaron las pérdidas económicas como consecuencia del manejo dado al producto. Se determinó que las pérdidas totales ascienden al 10,85%, donde el 38,4% corresponden a pérdidas por sobremadurez y el 25,5% tienen como causa daños biológicos. Los daños ocasionados al producto por el tipo de empaque fueron del 32,2% de la fruta empacada en cajones de madera que presentó daños mecánicos, mientras que para producto empacado en canastillas fueron del 8,6%.

Palabras clave: Cadena, Pérdidas poscosecha, Producto, Sobremadurez.

Abstract. The main objective of this work was to determine which links in the marketing chain of cantaloupe melon (*Cucumis melo* L. *Var.Excelsior*), the major post-harvest

losses are presented. It was also critical points were determined in the chain where it is generated and cause damage to the product, identifying and establishing the kind of damage and / or loss presented and the causes of these. Similarly, economic losses as a result of management given the product were quantified. It was determined that total losses amounted to 10.85%, where 38.4% are overmaturity losses and 25.5% are caused biological damage. Damage caused to the product by package type were 32.2% of the fruit packed in wooden crates that provided mechanical damage, while for product packaged in baskets were 8.6%.

Keywords: Chain, postharvest losses, Product, Overripeness.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción de melón para el año 2010 fue de 28.011 toneladas, con un área sembrada de 1.804 hectáreas. Las principales zonas productoras de melón en Colombia se encuentran localizadas en los Departamentos del Valle del Cauca (municipios de la Unión, Cartago, Cerrito y Bolívar), en Santander (municipio de Capitanejo) y en Bolívar (municipio

de Mahates). (AMPEX. 2006). El objetivo del presente trabajo fue cuantificar y caracterizar las pérdidas poscosecha de Melón Cantaloupe variedad Excelsior, generadas en cada uno de los eslabones de la cadena de comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como base para desarrollar este trabajo de investigación el flujograma de proceso y diagrama de operaciones obtenidos mediante visitas realizadas a la zona de mayor producción de melón a nivel nacional que es el Departamento del Valle del Cauca. Para esto, se seleccionaron dos de las principales empresas productoras y comercializadoras de este producto a nivel nacional; Se tomaron tres puntos de control en la cadena: sitio de producción, planta de acondicionamiento y destino final, se estimaron: la pérdida total de fruta; caracterización de tipos de daños; categorías de calidad presentes en la fruta comercializada; grados de madurez comercializados; estimación de pérdidas económicas.

Evaluación de pérdidas poscosecha: Se seleccionó como unidad de muestreo una finca con un área sembrada en melón de 30 Ha., ubicada en el municipio de la Unión, en la que se seleccionaron lotes de 1Ha; se aplicó la Norma MIL-STD-105, en un nivel de inspección 1, arrojando como resultado un total de 125 plantas a muestrear por repetición con 3 repeticiones. Mediante la selección aleatoria de una planta, a partir de la cual se contaron 10 plantas, que se constituyó en la planta 1 a muestrear, a partir de esta se tomaron datos cada K número de plantas donde (K=400 plantas). Para el registro de datos en planta de acondicionamiento se realizó seguimiento al 100% del flujo diario de producto que llegó a la planta por 3 días. Mientras que para el lugar de comercialización, este se realizó en uno de los almacenes de cadena de la Ciudad de Bogotá. Para este análisis se tomó como unidad de muestreo el vehículo en el que se transporta la fruta (turbo), con una capacidad aproximada de 340 canastillas, de las cuales 150 canastillas corresponden a melón, realizando un muestreo compuesto al 10% del producto, sobre las cuales se procedió a caracterizar los tipos de daño y pérdida total de producto. Se determinaron las pérdidas o daños que se presentan según el tipo de empaque en los que actualmente se comercializa la fruta, los cuales son el cajón de madera y canastilla plástica, con capacidad de 8 kg. y 13 kg. respectivamente, con tres repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdidas poscosecha en la finca: De acuerdo con los índices de cosecha utilizados en el melón, (cronológico y visual),

se encontraron frutos con diferentes estados de madurez, donde el 88% del melón cosechado corresponde a fruta madura o en avanzado estado de madurez, lo que disminuye su vida de anaquel y aumenta los volúmenes de devoluciones por parte del comercializador, las causas son debidas a la poca frecuencia de recolección (2 veces por semana). Al seleccionar la fruta cosechada el 90% de la fruta se encuentra en buen estado fitosanitario y cumple con los estándares para ser comercializado y el 10% restante es desechado por diversas causas; y al clasificarla el 80,4% de la fruta en de categoría selecta y el 8,7% jugosa (NTC 5207, 2004).

Pérdidas poscosecha en planta de acondicionamiento: Al clasificar de nuevo la fruta que llega a la planta de acondicionamiento, se observa un deterioro en la fruta (calidad Selecta), en el traslado del sitio de producción a la planta de acondicionamiento en un 18,5%, pasando de 80,4% al 67,9%, las cuales son debidas a la espera (60 min en promedio) por la cual debe pasar la fruta cosechada sin ningún tipo de protección en el lote, mientras es recogida y transportada.

Pérdidas poscosecha en destino final: El 32,2% de la fruta muestreada empacada en cajones de madera presentó daños mecánicos, donde el más representativo es el tallado del melón contra el empaque, con el 85,7%, seguido por el magullado con el 10,5% y por último el 3,8% fracturado debido a la compresión de carga, las cuales son debidas a la poca resistencia del empaque y al sistema de estibado utilizado. Mientras que en el producto empacado en canastillas fueron del 8,6%, donde el 28,8% por tallado, el 40,1% por magulladuras (sobrellenado del empaque) y el 23,1% presentaron problemas de sobremadurez.

Tabla 1. Pérdida económica por desecho en la cadena de comercialización del melón Cantaloupe.

Variables	Und	Total
Rendimiento del cultivo	Ton/ha	30,0
(-) 10% pérdida en finca	Ton/ha	3,0
(-) 0,85% pérdida en acondicionamiento	Ton/ha	0,3
Pérdida total	Ton/ha	3,3
Precio tonelada (\$600 Kg)	\$	600.000
Pérdida económica	\$1.953.000	

Valoración económica de las pérdidas: En el Tabla 1, se analiza la pérdida de producto que no entra a la cadena de comercialización por los problemas identificados en la cadena. Donde las pérdidas generadas en el sitio de producción equivalen al 10%, y en la planta de acondicionamiento al 0,85%, con un rendimiento de 30 Ton/ha, para un total de pérdidas de 3,6 Ton/ha, por un valor promedio de Kg de melón a \$600, se obtienen como resultado una pérdida económica de \$1.953.000/ha cosechada.

CONCLUSIÓN

Como en el melón, es difícil identificar los límites entre la etapa de premaduración y maduración plena, pues no siempre son evidentes los cambios en color tamaño y firmeza, aunque se presenten en aroma y sabor; es necesario establecer índices de cosecha que combinados entre sí, permitan cosechar el melón en el estado de madurez adecuado que garantice la vida de anaquel suficiente en el proceso de comercialización. Así pues, no hay una metodología estandarizada aceptada para evaluar las pérdidas en frutas y hortalizas y las evaluaciones

actuales tienden a no ser objetivas, por lo tanto se necesita prestar mayor atención para tratar de establecer una metodología apropiada para productos frescos que permitan que los estudios realizados en diferentes zonas puedan ser directamente comparados entre sí.

BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. Sistema de Estadísticas Agropecuarias- SEA. Agropecuarias y Uso del Suelo. En: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/Anuario_Estadistico.pdf. 50 p.; consulta: marzo 2014.
- AMPEX. 2006. Perfil de Mercado del Melón fresco (Cucumis Melo L.). AMPEX - Asociación macroregional de productores para la exportación. 33p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2004. - ICONTEC NTC 5207. Frutas Frescas: Melón variedad Cantaloupe - Especificaciones. 19p.
- Military standard. Muestreo militar estándar. MIL-STD -105D (UNE 66-020-73e ISO/DIS2 289).
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014.

Determinación de Relación entre Parámetros de Proceso y Rendimiento de Biodiesel Mediante Meta-Análisis.

Determination of the Relation between Process Parameters and Biodiesel Yield Using Meta-Analysis

José Alcides Sánchez Torres¹, Ruth Yolanda Ruiz², Leonardo José González³

¹ Ingeniero Químico. Aspirante M.Sc. Diseño y Gestión de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana, Autopista Norte de Bogotá, Km. 7, Joseato@unisabana.edu.co

² Profesora del Programa Ingeniería de producción Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Autopista Norte de Bogotá, Km. 7, ruth.ruiz@unisabana.edu.co

³ Profesor del Programa Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana. Autopista Norte de Bogotá, Km. 7. leonardo.gonzalez1@unisabana.edu.co

Resumen. Utilizando la metodología del Meta-análisis, se realizó la revisión, el análisis, selección y combinación de resultados de estudios independientes con el fin de obtener un modelo que establece la relación entre parámetros de proceso y rendimiento de Biodiesel a partir de aceites de cocina usados y metanol, utilizando el catalizador básico hidróxido de potasio.

Palabras clave: Aceite de fritura usado, optimización, modelo, catalizador básico.

Abstract. Using the methodology of the Meta-analysis, a study was realized to evaluate, select and integrate results of independent studies in order to obtain a model who

established relations between process parameters and Biodiesel yield produced with used frying oil, methanol and potassium hydroxide as a basic catalyst.

Key words: Used frying oil, optimization, model, basic catalyst.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una tendencia al uso de Biodiesel para reducir el impacto de los combustibles sobre el ambiente, por ello la trans-esterificación utilizando aceites de cocina usados como materia prima es atractiva desde el punto de vista económico y ambiental.

Las variables reportadas por la literatura que afectan el proceso de transesterificación son: el tipo de alcohol, la relación molar alcohol/aceite, la temperatura de reacción, la concentración del catalizador, el tiempo de reacción, la agitación; en el caso de los aceites usados la presencia de humedad y de ácidos grasos libres se convierten en factores importantes, que exigen pre tratamiento del aceite antes de ser utilizados (Refaat, 2010; Freedman *et al.*, 1984).

A la fecha no se ha encontrado un estudio sistemático que evalúe y consolide cuantitativamente los diferentes datos reportados en la literatura científica sobre el proceso de interés; hasta el año 2008 la metodología preferida para estudiar el proceso ha sido la de optimizar una sola variable a la vez, sin embargo posteriormente la tendencia es el desarrollo de modelos y análisis estadístico de múltiples variables. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de la investigación es determinar la relación entre la temperatura de reacción, la concentración del catalizador y la relación alcohol/aceite con el rendimiento de biodiesel obtenido a partir de aceites usados y metanol con hidróxido de potasio utilizando la metodología del meta-análisis (Lei *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló con la metodología presentada en la Figura 1, que comprende las etapas de búsqueda de información según criterios establecidos para el estudio, evaluación, codificación y selección de la información útil para realizar la integración de resultados experimentales con base en el criterio de homogeneidad de varianza (pruebas de Bartlett y Hartley), eliminación de valores atípicos según resultados de diagrama de caja y bigotes, generación del modelo y posterior análisis con el coeficiente de determinación y la eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE). Para obtener los modelos base con datos reales, que son utilizados como referentes, y para generar los modelos con agrupaciones de datos se utilizó el software libre R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se revisaron 41 artículos que reportan experimentos con hidróxido de potasio y aceites usados o crudos. El 80% de los artículos disponibles no reportan el tipo de diseño de experimentos utilizado, ni información estadística de los datos.

Siguiendo la metodología planteada en la Figura 1, se seleccionaron 2 investigaciones, entre 10 analizadas, que fueron realizadas con diseño central compuesto, utilizaron metodología de superficie de respuesta con tres variables de proceso y con disponibilidad de información completa sobre el experimento. La información del análisis de varianza de cada modelo fue la base para realizar el análisis de homogeneidad de varianza y soportar la agrupación.

Se resalta que se encontraron estudios realizados con condiciones similares de temperatura, relación molar aceite/agua, concentración de catalizador, humedad y acidez iniciales con resultados diferentes de de rendimientos.

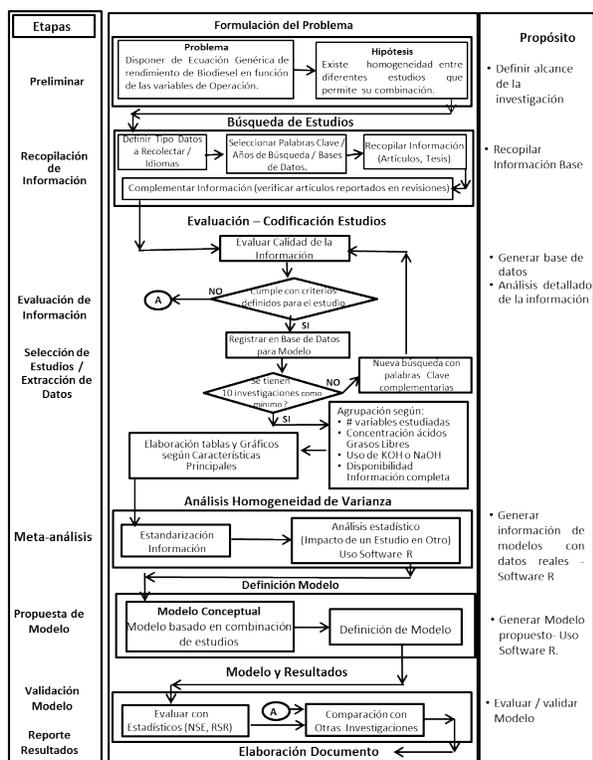


Figura 1- Metodología para estudio

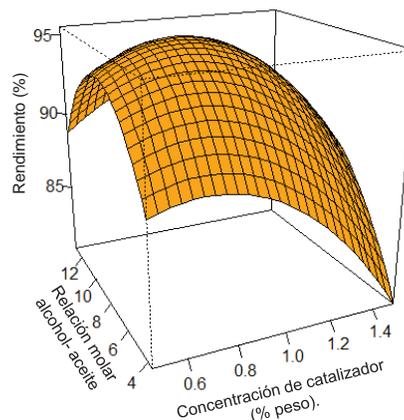


Figura 2 - Modelo Mansourpour y Charoenchaitrakool.

Se generó un modelo a partir de las investigaciones de Mansourpoor & Shariati (2012) y Charoenchaitrakool y Thienmethangkoon, (2011). El modelo cuadrático es el que mejor se ajusta y se presenta un punto máximo en el rendimiento para todas las variables consideradas, que en algunos casos se explica por la condición reversible de la reacción y en otros porque el exceso de catalizador favorece la saponificación formando geles, dificultando la separación del glicerol y reduciendo del rendimiento del biodiesel; con relación molar alcohol-aceite baja no hay reacción completa, pero el exceso dificulta la decantación por gravedad (Rashid y Anwar, 2008).

En la Figura 2 se presenta la superficie de respuesta con valores óptimos de: Concentración de catalizador KOH (%peso): 0,88; Relación Molar alcohol-aceite: 7,6:1; Temperatura de reacción (°C): 50,7 y el rendimiento calculado en el punto óptimo es 95%. El coeficiente de determinación ajustado del modelo es 0,743 y la NSE es 0,741.

Los coeficientes, asociados a las variables relevantes, que tienen mayor significancia son los términos cuadráticos de la concentración y la relación molar alcohol-aceite en primer lugar y el término lineal de la relación molar alcohol-aceite y la interacción temperatura - concentración de catalizador en segundo lugar.

CONCLUSIÓN

Con base en la metodología del Meta-análisis fue posible seleccionar investigaciones (datos experimentales) con el fin de integrarlas y

obtener un modelo que representa la relación entre los parámetros de proceso y el rendimiento en la producción de Biodiesel.

El efecto de la composición de los ácidos grasos (saturados e insaturados) de la materia prima (aceite) y su concentración sobre la producción de Biodiesel requiere un estudio más exhaustivo porque puede ser un factor determinante para explicar las diferencias entre estudios, realizados en condiciones similares pero que reportan resultados diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Charoenchaitrakool, M. and J. Thienmethangkoon. 2011. Statistical optimization for biodiesel production from waste frying oil through two-step catalyzed process. *Fuel Processing Technology*, 92(1), 112–118.
- Freedman, B., E.H. Pryde., T.L. Mounts and N. Regional. 1984. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *JAACS*, 61(10), 1638–1643.
- Lei, X., C. Peng., D. Tian and J. Sun. 2007. Meta- analysis & application global change research china 2007. *Chinese Science Bulletin*, 52(3), 289–302.
- Mansourpoor, M. and A. Shariati. 2012. Optimization of Biodiesel Production from Sunflower Oil Using Response Surface Methodology. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 03(05), 3–7
- Refaat, A.A. 2010. Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(1), 183–213.

Tinción de Cuero Empleando Colorantes Naturales Extraídos del Motilón (*Hyeronima Macrocarpa Mull. Arg*)

Leather Staining Using Natural Dyes from Motilon (Hyeronima Macrocarpa Mull. Arg)

Ana C. Fuertes-Estrada¹; Paula C. Cabrera-Muñoz¹; Diego F. Bermúdez-Gualmatan¹;
Tatiana K. León-Delgado ¹; Ximena P. Narváez-Figueroa ¹ y Vladimir E. Vallejo-Castillo ^{2*}

1 Programa de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño. Ciudad Universitaria Torobajo - Calle 18 Cr 50. Pasto-Colombia.

2 Grupo de Investigación Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos – GIIDOP. Departamento de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería. Universidad Mariana. Calle 18 No. 34 – 104. Pasto-Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: vvallejo@umariana.edu.co

Resumen. Se evaluó el proceso de tinción del cuero bovino utilizando un colorante natural proveniente del motilón. Se empleó un diseño experimental factorial, con los factores pH y concentración de colorante con tres niveles, y se evaluó las coordenadas de color CIELAB. Los resultados presentaron mayor fijación del color a pH menores a 7, en la cual se observó una relación

inversamente proporcional entre el pH y la concentración con la Luminosidad (L), por lo tanto el extracto de motilón se puede integrar en el proceso tinción del cuero como un posible reemplazo de los colorantes azoicos.*

Palabras clave: Antocianinas, Soxhlet, CIELAB.

Abstract. Bovine leather staining process was evaluated using a natural dye from motilón. A factorial experimental design was used, with pH and dyestuff concentration factors at three levels, and the CIELAB color coordinates were evaluated. The results showed higher colorfastness to pH less than 7, which an inverse relationship between pH and concentration with brightness (L^*) was observed, thus motilón extract can be integrated into the staining process leather as a possible replacement of azo dyes.

Keywords: Anthocyanins, Soxhlet, CIELAB.

INTRODUCCIÓN

Los colorantes azoicos usados en la tinción del cuero liberan ciertas aminas aromáticas, que plantean riesgos de cáncer, en consecuencia, muchos países han establecido una legislación dirigida a reducir la exposición a estas aminas (CBI, 2011). La investigación de pigmentos naturales provenientes de frutas permite establecer su potencial para ser usados como colorantes orgánicos (Dogan *et al.*, 2003). Dentro de estas frutas tropicales se encuentra el fruto del motilón (*H. macrocarpa* Mull. Arg) el cual posee antocianinas, pigmentos reconocidos por su capacidad colorante (Jiménez y Villareal, 2008). Las antocianinas se han convertido en una opción interesante para la industria textil como posibles sustitutos de los colorantes sintéticos (Giusti y Wrolstad, 2003). Por lo tanto el objetivo de la presente investigación fue evaluar el proceso de tinción en cuero bovino utilizando colorantes naturales provenientes del motilón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. El motilón (*H. macrocarpa* Mull. Arg), se recolectó en el Municipio San Pedro de Cartago – Departamento de Nariño, de acuerdo a su estado de madurez.

Obtención del extracto enriquecido en antocianinas (ERA). Se hizo un despulpado del fruto de motilón y se deshidrató mediante convección forzada hasta una humedad de 14%. Posteriormente se realizó la extracción mediante un equipo Soxhlet a 60°C, como solvente se utilizó etanol (95%) y la relación muestra-solvente fue de 1:10 (p/v) (Jiménez y Villareal, 2008). A continuación se determinó la concentración de antocianinas mediante Espectroscopia Ultravioleta-Visible (UV-VIS) en una escala de 450 - 550 nm realizando lectura cada 10 nm (Jiménez y Villareal, 2008).

Este extracto se lo considero como la concentración al 100 % (v/v) y a partir de este se realizaron las respectivas diluciones.

Proceso de Tinción. La muestra de cuero bovino se cortó en cuadros de 2,5 cm de lado y se introdujo en un baño de agua desionizada a 70°C con 1,5 g de sulfato de sodio y la concentración de ERA correspondiente, durante 120 min con agitación. El pH del baño se controló con HCl 0,1N y NaOH 4M. Finalmente, las muestras teñidas se lavaron con agua fría para eliminar residuos de colorante no fijado (Velmurugan *et al.*, 2010).

Determinación de las coordenadas CIELAB. Se determinó las coordenadas CIELAB (L^* , a^* y b^*), mediante adquisición de imágenes digitales (Pedreschi *et al.* 2008) a las muestras de cuero y posteriormente se procesaron con el programa ImageJ 1.47c.

Diseño experimental. Se empleó un diseño experimental con dos factores: la concentración del ERA (A) con tres niveles 30, 60 y 100 % (v/v) y el pH (B) con los niveles 3, 5 y 7. Las variables de respuesta fueron las coordenadas L^* , a^* y b^* . Se realizó dos replicas por tratamiento y el análisis de datos se realizó con Statgraphics ® Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estableció la presencia de antocianinas de acuerdo a lo reportado por Jiménez y Villareal, (2008), en colorantes extraídos a partir del fruto del motilón con una concentración de antocianinas de 24070 ppm. En la Tabla 1 se observa los cambios de color del cuero para cada combinación de factores. Los factores concentración del ERA y pH tienen significancia estadística ($p < 0,05$) en la coordenada L^* (Figura 1), además existe una relación inversamente proporcional entre los factores con L^* , lo cual indica que al aumentar el valor de estos factores (hasta pH 5 y concentración 100 %) se reduce el valor de esta coordenada.

En el Figura 1 se observa que ninguno de los factores de estudio presenta efecto significativo sobre la variable a^* que indica un cambio de color de verde a un rojo, sin embargo, como lo indica la Tabla 1, para la concentración 30% a un pH 5 se observó un color cercano a verde.

En la coordenada b^* que indica coloraciones de azul a amarillo, se evidenció diferencias estadísticamente significativas de los dos factores (Figura 1), para esta

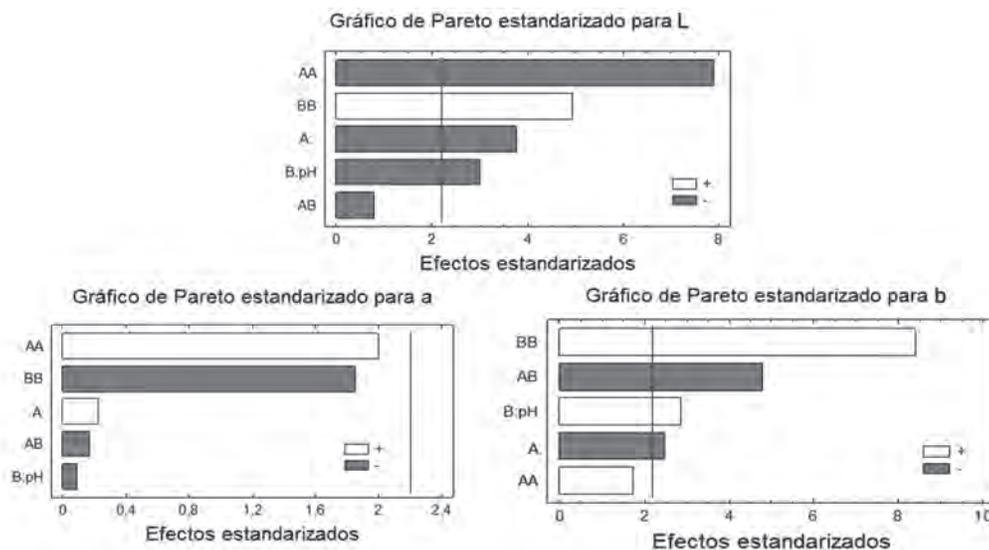
Tabla 1. Tinción del cuero a diferentes concentraciones del ERA y valores de pH con las respectivas coordenadas CIELAB (valores corresponden a: media \pm desviación estándar).

% ERA	pH					
	3		5		7	
30	L*		L*		L*	
	53,507 \pm 0,247		46,738 \pm 2,377		-3,670 \pm 0,868	
	a*		a*		a*	
	-19,430 \pm 0,015		-19,972 \pm 0,342		-3,670 \pm 0,868	
60	b*		b*		b*	
	-3,670 \pm 0,868		-6,165 \pm 2,768		-3,670 \pm 0,868	
	L*		L*		L*	
	68,033 \pm 0,349		49,837 \pm 5,580		65,055 \pm 1,083	
100	a*		a*		a*	
	-25,750 \pm 1,397		-17,196 \pm 0,612		-12,492 \pm 0,427	
	b*		b*		b*	
	-2,581 \pm 1,764		-14,781 \pm 1,622		-7,357 \pm 1,938	
100	L*		L*		L*	
	46,365 \pm 1,596		34,493 \pm 1,558		37,230 \pm 3,324	
	a*		a*		a*	
	-11,210 \pm 0,425		-6,457 \pm 0,582		-13,527 \pm 2,874	
100	b*		b*		b*	
	-9,623 \pm 0,542		-18,402 \pm 1,109		-11,696 \pm 1,063	

Tabla 2. Valores óptimos de concentración y pH para minimizar L* y b*.

Valor optimo	L	b*
Concentración ERA (%)	29,696	-15,587
pH	100	93,001

Figura 1. Diagrama de Pareto para % de concentración y pH sobre las variables L*, a*, b*.



coordinada a medida que se incrementa el pH, las muestras de cuero van a tener una coloración más azul. Esto se debe principalmente a que las antocianinas son más estables a pH ácidos, en los cuales predomina el catión flavilio y la base quinoidal, que son estructuras resonantes y presentan un color azulado (Torskangerpoll y Andersen, 2005). En la optimización generada por el programa estadístico (Tabla 2), se observa los valores óptimos para las coordenadas L* y b*, los cuales son similares a combinación de factores % ERA: 100 y pH: 5 de acuerdo a la Tabla 1.

CONCLUSIÓN

El ERA de motilón puede ser una opción para la industria de la tinción como un posible sustituto de los colorantes azoicos. El colorante es efectivo si se trabaja a concentraciones altas, ya que la estabilidad entre los colorantes no depende solamente del tipo de colorante sino también de la concentración comparativa del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- CBI. Centre for the Promotion of Imports from developing countries. 2011. Market Information Database, EU legislation: Azo dyes in textile and leather products. XXVI IULTCS Congress Proceedings, Cape Town (Vol. 35).
- Dogan, Y., S. Başlar, H. Mert and A. Güngör. 2003. Plants used as natural dye sources in Turkey. *Economic Botany* 57(4): 442–453.
- Giusti, M. and R Wrolstard. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their application in food systems. *Biochem Eng. J.* 14(3): 217-225.
- Jiménez, J., y J. Villareal. 2008. Estudio químico de pigmentos tipo antocianinas presentes en el fruto del motilón (*Hyeronima Macrocarpa*). Tesis (Químico). Facultad de Ciencias exactas y naturales. Universidad de Nariño. Pasto. 28-38 p.
- Pedreschi, F., D. Mery and T. Marique. 2008. 22- Quality Evaluation and Control of Potato Chips and French Fries. pp. 545-566. En: Sun, D.-W. (Ed.). *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Academic Press, USA. 600 p.
- Torskangerpoll, K., and O. Andersen. 2005. Colour stability of anthocyanins in aqueous solutions at various pH values. *Food Chemistry*. 89(3): 427-440.
- Velmurugan, P., S. Kamala-Kannan, V. Balachandar, P. Lakshmanaperumalsamy, J.C. Chae and Oh, B.-T. 2010. Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. *Carbohydrate Polymers* 79(2): 262–268.

Composición y Análisis Nutricional de Algunas Frutas Tropicales de Origen Colombiano

Composition and Nutritional Analysis of Some Tropical Fruits from Colombia

Elizabeth Moreno Gómez¹; Blanca Laura Ortiz Quintero²

¹ Licenciada en Química, M.Sc. Química, Facultad de Ciencias, Departamento de química. Universidad Nacional de Colombia. elmorenogo@unal.edu.co

² Profesora titular, Química, Dr. Sc. Química, Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. blortizq@unal.edu.co

Resumen. Se realizó la caracterización bromatológica y el análisis composicional de seis frutas tropicales: curuba (*Passiflora mollissima*), gulupa (*Passiflora edulis Sims*), aguacate (*Persea americana Mill*), lulo (*Solanum quitoense*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y uchuva (*Physalis peruviana L*). Debido a la importancia de poder describir dichas frutas y a la precaria información acerca de la información nutricional se determinaron las características tales como humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra dietaria total y minerales tales como calcio, sodio, fósforo y magnesio. Se emplearon las metodologías establecidas por la Asociación de Comunidades Analíticas (AOAC). En general los resultados muestran altos porcentajes de humedad, bajo contenido de cenizas y grasa excepto en el aguacate, fruto cuyo contenido de grasa y fibra es significativamente mayor que los demás. En cuanto al contenido de minerales el de mayor cantidad es el potasio en las seis frutas tropicales analizadas. Los resultados obtenidos permiten tener la descripción nutricional que contribuyen a la construcción de perfiles nutricionales en diferentes variedades de productos frutícolas de origen colombiano.

Palabras clave: Análisis proximal, minerales, Pasifloras, Lauráceas, Solanáceas.

Abstract. Bromatological characterization and compositional analysis were made to six tropical fruits: curuba (*Passiflora mollissima*), gulupa (*Passiflora edulis Sims*), avocado (*Persea americana Mill*), lulo (*Solanum quitoense*), tree tomato (*Cyphomandra betacea*) and gooseberry (*Physalis peruviana L*) due to the importance of being able to describe these fruits and to the poor available information about their nutritional composition, characteristics such as: moisture, ash, fat, protein, total dietary fiber and minerals like calcium, sodium, phosphorus and magnesium, were determined. Established methods from the Association of Analytical Communities (AOAC) were used. In general, results showed high percentages of moisture, low ashes and fat except for avocado for which fat and fiber levels were significantly higher than for the others fruits. About minerals, the highest value was for potassium in all fruits. The obtained results could contribute to the construction of nutritional profiles of different varieties of fruits from Colombia.

Key words: Análisis proximal, minerales, Pasifloras, Lauráceas, Solanáceas.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países con gran variedad de frutas en el mundo (Contreras *et al.*, 2011) ya que por su ubicación geográfica puede tener diferentes climas, suelos y alturas, razón por la cual este país se destaca como una potencia en el suministro de estos productos alimenticios. Específicamente las frutas tropicales que se pueden encontrar son variadas y las características fisicoquímicas y organolépticas pueden ser diferentes entre las variedades de frutas. El consumo de estos alimentos está asociado a diferentes beneficios en la salud tales como la prevención y mejoría de enfermedades degenerativas o crónicas, esta propiedad se debe principalmente a los diferentes nutrientes y/o compuestos multifuncionales que tienen; algunos ejemplos de estos son compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides y alcaloides. Aunque existe gran variedad de frutas tropicales de origen colombiano en la mayoría de estos productos la información sobre el valor nutricional y los compuestos bioactivos es escasa o limitada (Botero *et al.*, 2007) por esta razón deben ser exploradas para su aprovechamiento industrial. El estudio de diferentes frutas tropicales que son parte de la biodiversidad vegetal colombiana busca contribuir con la caracterización bromatológica de algunas frutas pertenecientes a la familia de las Passifloraceae (gulupa y curuba), Lauráceas (aguacate) y Solanáceas (lulo, uchuva y tomate de árbol). Esto permite tener información nutricional y de valor agregado para estos alimentos que son de consumo constante en la población colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

En cuanto a las metodologías para realizar el análisis proximal se utilizaron los protocolos establecidos por la Asociación



Figura 1. Caracterización bromatológica de las seis frutas tropicales de origen colombiano. Cada una de las determinaciones corresponde al promedio del triplicado de la medición (n=3).

de Comunidades Analíticas (AOAC), las determinaciones realizadas fueron: humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra dietaria total, carbohidratos y minerales específicamente calcio, potasio, sodio, fósforo y magnesio. El muestreo se realizó de forma aleatoria y cada ensayo se realizó por triplicado (n=3), los datos se reportan en base humedad (BH) como promedios con sus desviaciones estándar ($\pm s$), los datos se analizaron por ANOVA y las diferencias se consideraron significativas cuando $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que la maduración se caracteriza por una serie de cambios en características tales como el color y la consistencia, estos factores fueron considerados para elegir los frutos de estudio, dicha elección se corroboró con la determinación del índice de madurez. En la Tabla 1 se muestran los resultados correspondientes y se observa que el factor de mayor influencia en esta determinación es la acidez ya que los grados Brix permanecen relativamente estables.

Tabla 1. Índice de madurez de las frutas seleccionadas para el estudio. Los valores están dados en promedio \pm desviación estándar (n = 3).

Fruta	° Brix	Acidez titulable	Índice de madurez
Gulupa	10,18 \pm 0,1	1,36 \pm 0,45	3,7 \pm 0,2 ^a
Curuba	10,20 \pm 0,1	2,04 \pm 0,21	5,0 \pm 0,2 ^b
Aguacate	9,80 \pm 0,3	0,40 \pm 0,01	24,13 \pm 0,6 ^e
Tomate de árbol	11,50 \pm 0,2	1,52 \pm 0,02	7,5 \pm 0,2 ^c
Lulo	10,60 \pm 0,4	2,65 \pm 0,05	4,0 \pm 0,1 ^a
Uchuva	14,90 \pm 0,4	1,72 \pm 0,03	8,7 \pm 0,2 ^d

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización bromatológica; respecto al porcentaje de humedad las frutas de este estudio tienen alto contenido de agua, entre 68,62% y 89,18%, los valores encontrados en curuba, lulo y tomate de árbol fueron significativamente mayores, mientras que el porcentaje de humedad de la gulupa fue significativamente menor, lo cual es comparable con lo reportado para esta fruta en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. Como era de esperarse la única fruta que presentó un contenido importante de grasa fue el aguacate (19,43% BH), fruta que también presentó un contenido importante de fibra (21,68% BH).



Figura 2. Contenido de minerales en las frutas tropicales estudiadas.

En la Figura 2 se muestran los resultados del contenido de minerales en las frutas, las cuales tienen en común un contenido significativamente mayor de potasio, mineral asociado a la regulación de diferentes reacciones en el organismo.

CONCLUSIÓN

La caracterización bromatológica que se realizó en curuba, gulupa, aguacate, tomate de árbol, lulo y uchuva permitió aportar en la descripción nutricional de estos alimentos ya que se evidenció el aporte en fibra que puede tener el aguacate así como el contenido significativo de potasio en las frutas tropicales estudiadas lo cual constituye un valor agregado a la hora de consumir este tipo de alimentos.

Determinación Voltamétrica de Mancozeb, Paraquat, Glifosato, Carbofurano y Metomil en Papa (*Solanum Tuberosum*) de Ventaquemada-Boyacá

*Voltammetric Determination of Mancozeb, Paraquat, Glyphosate, Carbofuran and Methomyl in Potato (*Solanum Tuberosum*) from Ventaquemada-Boyacá*

Lara Adriana¹, García Colmenares Mauricio² y Chaparro S. Patricia³

¹Estudiante Maestría en Química. Grupo de investigación en Química Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. adriana_lara_2@hotmail.com

²Químico de Alimentos. Grupo de investigación en Química Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. mahogc07@hotmail.com

³Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesora Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. spchaparroa@hotmail.com. Avenida Central del Norte UPTC. Edificio Laboratorios 414.

Resumen. Los métodos voltamétricos de barrido lineal, onda cuadrada y diferencial de pulso fueron validados para la cuantificación de carbofurano, glifosato, mancozeb, metomilo y paraquat. El estudio fue realizado usando como electrolito de soporte una solución buffer Britton-Robinson, electrodo de

trabajo carbón vítreo, Ag/AgCl como electrodo de referencia y platino como electrodo auxiliar. Los plaguicidas en papa fueron extraídos por reparto sólido-líquido, metodología modificada y validada utilizando diclorometano como solvente. Los métodos no presentaron diferencia laguicidas, papa, validación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo brindado al grupo de investigación "Cambios químicos y bioquímicos de alimentos frescos y procesados" y al proyecto "Red Nacional para la Bioprospección de Frutas Tropicales" (Financiación: Colciencias (Contrato: 0459-2013, Ritfrubio)) pertenecientes al Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC 1996. Official Methods of analysis of the Association of Analytical Chemist, 14th Ed.
- Botero, M., S. Ricaute, C. Monsalve y B. Rojano. 2007. Capacidad reductora de 15 frutas tropicales. *Scientia Et Technica*, 33: 295–296.
- Contreras-Calderón, J., L. Calderón-Jaimes, E. Guerra-Hernández and B. Garcia-Villanova. 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*. 44(7): 2074-20453.

Palabras clave: Voltametría, plaguicidas, papa, validación.

Abstract. *The linear sweep, differential square and wave pulse voltammetric methods, were validated to quantify carbofuran, glyphosate, mancozeb, methomyl and paraquat. It used at Britton-Robinson buffer as solution supporting electrolyte, working electrode was glassy carbon, Ag/AgCl as reference electrode and platinum as counter electrode. The pesticides were extracted from the potato through solid-liquid partition, modified and validated methodology, using dichloromethane as solvent. The methods were not different significant, the analysis was performed with a confidence level of 95%.*

Key words: Voltammetry, pesticides, potato, validation.

INTRODUCCION

Boyacá es un departamento de vocación agrícola, el 80% del suelo es empleado para el cultivo de papa, para lo cual se aplican plaguicidas en muchas ocasiones de manera indiscriminada lo cual puede generar residualidad en los productos expuestos, que según Andjelka *et al.*, (2009) generan problemas en la salud de tipo pulmonar; por lo tanto, es importante el monitoreo por parte de los entes gubernamentales encargados, para prevenir posibles problemas en la salud del consumidor. Dentro de los métodos de análisis de plaguicidas se destaca el de espectroscopia ultravioleta-visible; sin embargo, existen otras alternativas de análisis como la voltametría, la cual es más versátil y económica frente a otras técnicas; el objetivo de este trabajo es validar los métodos voltamétricos para la determinación de plaguicidas en papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se verificaron las condiciones óptimas de funcionamiento de los equipos necesarios para la validación de los métodos, la medición se realizó en un polarógrafo (BAS CV 50W) equipado con un analizador voltamperométrico. Todos los reactivos empleados fueron de grado analítico (Merk). Todas las soluciones fueron preparadas en aguas desionizada. Como electrolito de soporte se empleó buffer Britton Robinson.

Validación y cuantificación de plaguicidas extraídos de muestras naturales. Se contempló verificación y limpieza de sistema de electrodos y selección de condiciones instrumentales. Se determinaron los principales atributos de los métodos de validación. Para la extracción de los plaguicidas en muestras de papa, se modificó y validó la metodología de extracción sólido-líquido descrita por Ping

y Nian, (2008). Las muestras de papa fueron recolectadas de forma aleatoria de acuerdo con un diseño experimental que cubrió la totalidad de cultivos del municipio de Ventaquemada-Boyacá. Para la medida voltamétrica se mezcló un volumen conocido de estándar (mancozeb, paraquat, metomil y glifosato), 3 mL de extracto de papa y 4 mL de la solución electrolítica; para el carbofurano se siguió el proceder descrito por Yong Nia *et al.*, (2005). Los resultados obtenidos, fueron contrastados con la técnica UV-vis. El tratamiento de datos se realizó con el paquete estadístico SPSS 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros para la detección electroquímica. Los potenciales seleccionados para la determinación cuantitativa de cada plaguicida fueron tomados según la respuesta voltamétrica de reducción u oxidación que el plaguicida generaba. Estos potenciales fueron establecidos por determinación catódica: Mancozeb (-740 mV y -1170mV), Glifosato (-705 mV) y Carbofurano (678 mV); y por determinación anódica: metomil (677 mV) y paraquat (-663 y -947 mV). Los potenciales contrastados con otros métodos voltamétricos presentan desplazamientos en los potenciales redox: paraquat -600 y 1400 mV (Rühling. *et al.*, 1999), y -640 y -940 mV (Souza D. *et al.*, 2005); carbofurano 688 mV (Yong Nia *et al.*, 2005); glifosato -700 mV (Teófilo *et al.*, 2004 y 2008) y metomil 600 mV (Andjelka V. *et al.*, 2009). Validación y aplicación de las determinaciones voltamétricas. Se realizó limpieza química y electroquímica al sistema de electrodos. Se comprobó que los métodos de validación generaran una respuesta. Se realizó la prueba mediante el análisis con dos concentraciones y un blanco. Se realizó un barrido de exploración y se ajustaron conjuntamente los parámetros de cada técnica. Se procedió a la elaboración de las curvas de calibración, en la Tabla 1 se resume la información.

Los blancos empleados no generaron ninguna señal que pudiera causar interferencia a los métodos voltamétricos y que requiriera ajustes. La respuesta del equipo (intensidad en amperios) fue proporcional a la concentración de los estándares empleados. El potencial de reducción (-) u oxidación (+) varió negativa o positivamente a medida que la concentración del analito aumentó. Una vez elaboradas las curvas de calibración se procedió a su validación, en la Tabla 2 se presentan los atributos de cada método validado. Con el fin de aplicar los métodos en la cuantificación

de plaguicidas en extractos de papa, se evaluó la reproducibilidad de estos. Se realizó un análisis de varianza permitiendo establecer que los procesos de validación no presentaron variaciones significativas, el análisis fue realizado con un nivel de confiabilidad del 95%.

Tabla 1. Parámetros de las curvas de calibración en la determinación de plaguicidas por voltametría.

PLAGUICIDA	Rango lineal	Coefficiente de correlación	Técnica de análisis	Regresión lineal	pH de trabajo
Mancozeb	50-450 ppb	0,996	LSVa	$Y = 2,025E-11x - 7,926 e^{-9}$	5
Paraquat	0,5-3,0 ppm	0,992	OSWVb	$Y = 1,694E-10x + 4,1697 e^{-10}$	5
Carbofurano	2,0-8,0 ppm	0,995	DPVc	$Y = 3,175E-9 - 5,702 e^{-8}$	5
Glifosato	0,25-2,5 ppm	0,994	OSWV	$Y = 1,322E-10x - 7,065e^{-10}$	2
Metomil	0,3-3,0 ppm	0,996	LSV	$Y = 9,07E-11x + 1,036 e^{-9}$	8

a LSV = Voltametría de barrido lineal; b OSWV = Voltametría de onda cuadrada oswal; c DPV = Voltametría de pulso diferencial.

Tabla 2. Atributos de los métodos de validación en la determinación de plaguicidas por voltametría.

.ATRIBUTO	Mancozeb	Paraquat	Carbofurano	Glifosato	Metomil
Nivel de confianza (%)	95	95	95	95	95
Límite de detección	15,08 ppb	50 ppb	1 ppm	74 ppb	120 ppb
Límite de cuantificación	76, 53 ppb	550 ppb	1,9 ppm	190 ppb	320 ppb
Sensibilidad I/ppm	2E-11	1,6E-10	3,17E-09	1,00E-10	9,00E-11
Recuperación adicionado alto (%)	96,12	81,28	85,64	85,32	107,61
Recuperación adicionado bajo (%)	91,13	90,16	90,23	87,54	97,10
Precisión (reproducibilidad) (%)	87,64	86,04	88,62	106,23	85,93
Exactitud (%)	88,39	96,90	95,55	114,11	103,01

CONCLUSION

Los métodos voltamétricos para la cuantificación de carbofurano, glifosato, mancozeb, metomilo y paraquat son válidos y confiables. Estos métodos serán comparados con UV-vis, como validación de referencia. Los métodos presentan un nivel de confiabilidad del 95%. Se procederá a evaluar la carga residual de estos plaguicidas en extractos de papa cultivada en el municipio de Ventaquemada-Boyacá.

BIBLIOGRAFÍA

- Andjelka, T., A.I Milka, P. Slobodan, J. Mića, and M. Dušan. 2009. A study of the electrochemical behaviour of methomyl on a gold electrode in a neutral electrolyte. *J. Serb. Chem. Soc.* 74 (5): 573–579.
- Ping, Q. and N. Yong. 2008. Determination of ziram in vegetable samples by square wave voltammetry. *Chinese Chemical Letters.* 19 (11): 1337–1340.
- Rühling, I., Schäfer H. and W. Ternes. 1999. HPLC online reductive scanning voltammetric detection of diquat, paraquat and difenzoquat with mercury electrodes. *Fresenius J. Anal. Chem.* 364: 565–569.
- Souza, D. and S.A.S. Machado. 2005. Electrochemical detection of the herbicide paraquat in natural water and citric fruit juices using microelectrodes. *Analytica Chimica Acta.* 546(1): 85–91.
- Teófilo, F., R. Efraim, R. César, Da S. Gilmare, P. Jose and K. Lauro. 2008. Glyphosate Determination in Soil, Water and Vegetables Using DPV Optimized by Response Surface Methodology. *Portugaliae Electrochimica Acta.* 26(4): 325-337.
- Teófilo, F., R. Efraim, R. César, Da S. Gilmare, P. Jose and K. Lauro. 2004. Experimental Design Employed to Square Wave Voltammetry Response Optimization for the Glyphosate Determination. *J. Braz. Chem. Soc.* 15(4): 865-871.
- Yong, N., Q. Ping and K. Serge. 2005. Simultaneous voltammetric determination of four carbamate pesticides with the use of chemometrics. *Analytica Chimica Acta.* 537: 321–330.

Evaluación de las Perdidas Poscosecha de Yuca Variedad Chiroza (*Manihot esculenta crantz*)

Evaluation of Post-Harvest Losses of Yucca Variety Chiroza (*Manihot esculenta crantz*)

Henao Ossa, Johan Sebastián¹, Velásquez Herrera Julián David¹, Lucas Aguirre Juan Carlos²

1 Estudiante Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. jshenao@uqvirtual.edu.co

2 Profesor Asistente. Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales Universidad del Quindío.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue determinar las pérdidas poscosecha generadas desde el lugar de producción hasta el sitio de comercialización de la yuca variedad Chiroza (*Manihot Esculenta Crantz*), producidas en el Departamento del Quindío. Los daños más representativos son los mecánicos con el 9,4% en peso; seguido de los daños fitosanitarios con un 1,4% en peso, implicando pérdidas de 810 kg/ha, con rendimientos promedio de 57,8 ton/ha. Para la cuantificación de las pérdidas económicas del producto se valoraron teniendo en cuenta el producto que no entra a la cadena de comercialización, las cuales son equivalentes a \$1.728.220/ha.

Palabras clave: perdidas poscosecha, yuca, daños mecánicos, problemas fitosanitarios.

Abstract. The aim of this study was to determine postharvest losses generated from the place of production to the marketing site Chiroza variety of cassava (*Manihot esculenta Crantz*), produced in the Department of Quindío. The most representative mechanical damage is 9.4% by weight; followed by plant protection damage with 1.4 wt%, implying loss of 810 kg / ha, with average yields of 57.8 t / ha. To quantify the economic losses of the product is assessed taking into account the product does not enter the supply chain, which is equivalent to \$ 1.728.220/ha.

Key words: Postharvest losses, cassava, mechanical damage, phytosanitary problems

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) se cultiva en más de 90 países y le da subsistencia a nueve mil millones de personas del mundo en desarrollo. Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de yuca es la dificultad de conservar las raíces después de la cosecha. Las raíces de yuca se deterioran rápidamente, sufriendo dos tipos de deterioro, fisiológico y microbiano (FAO, 2007). El objetivo de dicha investigación fue determinar las pérdidas poscosecha generadas desde el lugar de producción hasta el sitio de comercialización de la yuca

variedad Chiroza (*Manihot esculenta crantz*), producida en el Departamento del Quindío – Colombia, así como determinar sus pérdidas económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizó en los municipios de Montenegro, Quimbaya, La Tebaida y Armenia del departamento del Quindío – Colombia, la cual abarca el 88,16% del total del área sembrada en el departamento. Se acordó muestrear entre el 3 y el 10% del total del área sembrada en cada uno de los municipios; por lo que se determinó realizar el muestreo en 11 fincas con tres repeticiones por finca. La recolección de la muestra se hizo realizando un recorrido sistemático en N sobre un lote de cultivo con (1000 plantas) en el cual aplicando la norma MIL-STD-105 D, en base a la densidad de siembra, lo que arrojó 30 plantas a muestrear. La selección de las plantas dentro del lote se realizó partiendo de la selección aleatoria de una planta, a partir de la cual se contaron 10 plantas, que se constituyó en la planta 1 a muestrear y se tomaron datos cada K= 33 plantas. Se aplicó un análisis exploratorio descriptivo de comparación múltiple de promedios (prueba de Duncan), a nivel del 5%. Se determinó el peso de las raíces cosechadas con y sin tierra, se midieron los diámetros longitudinal y transversal. Se calculó el porcentaje de pulpa, xilógeno fibroso central y cascara, el contenido de almidón y materia seca se determinó por el método de la gravedad específica (Toro y Cañas, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron rendimientos promedios de 7 kg/planta (57,8 ton/ha) con densidades de 8,264 plantas/ha, con un promedio de 11 raíces/planta; encontrándose un rendimiento bastante alto al reportado por Barragán *et al.*, (2002). Donde el redrojo (raíces pequeñas) representan el 40,3% de las unidades cosechadas y el 20,6% en peso, seguido de la calidad segunda con un porcentaje del 24,0% en unidades y 28,6% en peso; por ultimo con menor participación en unidades, está la

calidad primera con 19,2% pero con la mayor participación en peso (40%). En cuanto a daños los más representativos son los daños mecánicos con un 14,7%, en unidades y el 9,4% en peso; seguido de los daños fitosanitarios con un 1,8% en unidades y 1,4% en peso. El 14,7% de las raíces cosechadas presentaron daño mecánico (5,4 toneladas por hectárea).

Extracción de tierra. Al cosechar las raíces de calidad primera, se obtuvo un peso promedio de 1048g, llevando consigo 6,9g de tierra por unidad en promedio adheridos a la cascara que equivalen al 2,6%; Las yucas de calidad Segunda con 682,9 g de peso promedio, llevando 19,6 g de tierra por unidad (2,9 %) y el Redrojo con un peso promedio de 349,4 g, llevan 21 g de tierra (6%). Por cada hectárea cosechada, 1792,5 kg de tierra son llevados a los centros de consumo, de los cuales 600 kg van con las raíces de primera, 478,5 kg con las raíces de segunda y 714 kg con el redrojo.

Caracterización fisicoquímica de las raíces de yuca. El contenido de pulpa varió entre $80\% \pm 3,34$, la materia seca (40,5% redrojo, 38,9% segundas y el 38%, raíces primera calidad) valores similares (39%) a los reportados por Ceballos y De la Cruz, 2002; el contenido de almidón fue del 35,8% para raíces de primera calidad, 36,6% para las segundas y 38,2% para redrojo; siendo el almidón el mayor componente de la materia seca.

Perdidas poscosecha en finca. Las pérdidas encontradas en finca de tipo cuantitativo alcanzan el 7,7% que hace relación a las raíces con pudriciones radicales. Los daños mecánicos caracterizados equivalen al 10,1%; donde el 69,49% son yucas partidas; seguido de las pérdidas por daños causados por machete con el 30,51% debido a la labor del despezonado que consiste en separar las raíces que están adheridas al tallo.

Perdidas poscosecha en destino final. Se presentaron diferentes tipos de daño, que ascendieron al 44,2% por daños mecánicos durante el transporte. Existe una pérdida adicional que es difícil de percibir y tiene que ver específicamente con procesos fisiológicos propios de los tejidos vivos. La yuca tiene una alta tasa respiratoria, la cual está asociada a la gran área superficial expuesta; esta intensidad respiratoria se ve fuertemente influenciada por la temperatura. Durante la evaluación de pérdida de peso en el empaque, se determinó que las pérdidas por deshidratación son de 0,94 kg/día, representando el 1,30% de la fruta transportada a la Ciudad de Bogotá.

Valoración de pérdidas económicas en el canal de comercialización. Se evaluó de acuerdo a la cantidad de raíces que no entran a la cadena, que para efectos de la presente investigación ascendieron al 7,7% en finca y por detrimento de la calidad de la yuca Chiroza durante el traslado del producto de la finca al destino final (44,2%), se dejan de percibir para el mercado especializado, el equivalente a \$1.728.220 por Ha, tomando como promedio del precio de compra en los mercados especializados \$600/ kg.

CONCLUSIÓN

La yuca chiroza establecida en la zona de estudio, cosechada a los 12 meses, en promedio arrojó 7 kg de peso por planta (57,8 ton/ha) en cultivos con densidades de 8.264 plantas/ha, con un promedio de 10 - 11 raíces por planta; encontrándose que 2 raíces son de primera, de 2 a 3 raíces son de segunda, 4 raíces de redrojo, 2 raíces con daño mecánico y de 0 a 1 raíces con daños fitosanitarios. Se hace necesario un proceso de investigación que contribuya al establecimiento de mejores prácticas de conservación de suelo que disminuya el impacto ambiental causado por el cultivo donde se extraen 1.8 toneladas de tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Barragán, M., J. López, L. Cadavid y J. Aguirre., 2002. Manual de Tecnologías en la Cadena agroindustrial de la Yuca. Programa Nacional de Competitividad y Desarrollo Tecnológico en la Cadena Agroindustrial de Frutas y Hortalizas, SENA. Dirección de Formación Profesional Grupo de Competitividad. Bogotá, Colombia. Impresora Feriva S.A. 312 p.
- Ceballos, H. y A. De la Cruz. 2002. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Parte A: Capítulo 2 – Taxonomía y Morfología de la Yuca. 28 p.
- FAO. 2007. Guía Técnica Para Producción y Análisis de Almidón de Yuca. Boletín Agrícola de Servicios de la FAO 163. Roma.
- Military standard. Muestreo militar estándar. MIL-STD -105D (UNE 66-020-73e ISO/DIS2 289).
- Toro, J.C. y A. Cañas. 2002. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Parte E: Capítulo 22 – Tecnologías Para el Manejo de la Yuca en Poscosecha. 426 – 431 p.

Propuesta Ambiental para el Manejo Integral de Residuos Químicos Generados en los Laboratorio de Análisis de Alimentos

Environmental Proposal for Integral Management of Chemical Waste Generated in Analisis Food Laboratory

Lina Maria Jaramillo¹; Ximena Cifuentes Wchima²; Johanna Andrea Serna Jiménez³; Alba Nelly Ardila⁴

¹ Profesor Titular, Química, Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Seccional Armenia. Linamaja74@yahoo.es. Autor corresponsal.

² Decana, Ingeniera Agroindustrial Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Seccional Armenia. defingenieria@miugca.edu.co

³ Profesor Titular, Ingeniera agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad La Gran Colombia, Sede Armenia. sernajimjohanna@miugca.edu.co.

⁴ Profesora Titular. Doctora. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. albanellya@gmail.com

Resumen. Dentro de los procesos de experimentación de docencia e investigación, se generan una gran cantidad de residuos químicos que pueden tener alto impacto ambiental. El presente proyecto de investigación pretende realizar una propuestas ambiental para el manejo integrado de residuos químicos generados en los Laboratorios de análisis de alimentos de la Universidad la Gran Colombia Seccional Armenia. Teniendo en cuenta que la aplicación de los análisis de alimentos se utiliza para todo tipo de industrias dedicadas en este sector; se permite entonces generar un proyecto piloto para aplicar a la industria y centros educación superior. Con el desarrollo de la presente propuesta de investigación, se impactará positivamente diferentes tipos de comunidades, entre las cuales se resaltan: Estudiantes, docentes y administrativos de las instituciones de educación superior, investigadores a nivel nacional e internacional, empresarios del campo industrial agroalimentario, Corporaciones Autónomas Regionales y entes de control municipales, así comunidad en general.

Palabras clave: Respel, agroindustria sostenible, análisis químico de alimentos.

Abstract. Within the experimental processes of teaching and research, a lot of chemical residues that may have high environmental impact are generated. This research project aims to conduct an environmental proposal for the integrated management of chemical waste generated in food analysis laboratories of Gran Colombia University Sectional Armenia. Given that, the application of food analysis is used for all kinds of industries involved in this sector; then allows generating a pilot project to apply to industry and higher education centers. With the development of this proposed research different types of communities as students, faculty and staff of higher education institutions, researchers at national and international level, employers in the food industry, Regional Autonomous Corporations, municipal authorities control and community in general will positively impact.

Key words: Hazardous waste, sustainable agribusiness, food chemical analysis.

INTRODUCCIÓN

Como lo menciona Basanta *et al.*, (2007) el aumento del volumen de desechos sólidos industriales, agrícolas y domésticos conlleva una serie de implicaciones relacionadas con aspectos de salubridad y medioambientales, en los que la agroindustria entra a jugar un papel importante y en lo que el resultado de cada uno de los procesos de transformación debe dar como resultado la sostenibilidad entre los sistemas. Es así como la sostenibilidad permite el uso adecuado de los recursos naturales, en este caso realizar una gestión con un enfoque integrado del ciclo de utilización y reposición de los residuos generados en los laboratorios de análisis químicos en alimentos en los procesos académicos de entidades de educación superior, así, como la relación directa que poseen estos entes educativos con el medio rural y natural, sin obviar las implicaciones que pueda generar al medio periurbano y urbano donde se encuentre localizados.

Actualmente, los residuos peligrosos generados en las actividades industriales, agrícolas y de servicio crean preocupación social que se deriva de los efectos evidenciados sobre la salud y el medio ambiente, resultantes de una disposición inadecuada de este tipo de residuos.

Los países en desarrollo han aplazado las decisiones sobre el establecimiento de políticas y normas sobre el tema así como la dificultad de contar con instalaciones adecuadas para el manejo de este tipo de residuos, produciendo aumentos inmediatos en los niveles de contaminación del recurso agua, suelo, aire y los alimentos. Las propuestas para mejorar la gestión de este tipo de residuos, han sido

diversas, los métodos de producción más limpia que minimizan la generación de los residuos, es considerada la más importante.

Las universidades son el centro de desarrollo para brindar soluciones a las problemáticas siendo el escenario de los planes piloto para transferir a la industria, es por esto que el objetivo de este trabajo fue generar un diagnóstico para el desarrollo de un plan para el manejo ambiental de residuos generados en las pruebas de análisis de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración de la propuesta ambiental para el manejo integrado de residuos químicos generados en los Laboratorios de análisis de alimentos de la Universidad la Gran Colombia Seccional Armenia, posee dos fases: La primera fase es determinar el impacto ambiental causado por los diversos residuos peligrosos generados en los análisis de alimentos. Con la metodología matricial de Leopold, donde se realiza el establecimiento de relaciones causa-efecto con criterios de valoración cualitativos y cuantitativos que permitan jerarquizar acciones y efectos, contiene aproximadamente 768 relaciones. La segunda fase es establecer diferentes estrategias que permitan hacer un manejo integral y disposición final de los residuos químicos generados; mediante la formulación del plan de manejo ambiental que contiene las medidas generales de mitigación, organización del trabajo en el laboratorio y los análisis que reduzcan el impacto de los análisis de alimentos y el establecimiento de hábitos personales y de trabajo en los laboratorios analíticos. El proceso investigativo se apoya en el análisis descriptivo desarrollado con la herramienta estadística Statgraphics 5.1©, que permite tomar acciones pertinentes para mejorar el manejo integral de los residuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la matriz de Leopold (Leopold y Clarke, 1971) permitió evaluar el área del campus universitario y los elementos naturales y sus relaciones, la acción de los análisis en el área rural de la vereda Murillo y la relación de los elementos del sistema natural (aire, agua, suelo, flora, fauna y hombre) afectados por las acciones de los residuos generados en los análisis. Así mismo la magnitud de cada acción sobre los elementos que afectan al sistema natural de la vereda donde está ubicada la Universidad, se puede observar en la Tabla 1. La estructura de la matriz, donde permite establecer 768 interacciones.

Tabla 1. Esquema Matricial de Leopold.

Factores Ambientales		Acciones Realizadas en las prácticas de Análisis de Alimentos
AGUA	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	
	Color	
	Conductividad	
	Turbiedad	
	pH	
	Acidez y Alcalinidad	
AIRE	Emisiones de SOX	
	Emisiones de NOX	
	Emisiones de HC	
	Porosidad	
	pH	
SUELO	Estructura	
	Macronutrientes	
	Micronutrientes	
	Metales	
ECONÓMICO	Ingresos por concepto de servicios	
	Egresos por concepto de funcionamiento del laboratorio	
POLÍTICO	Sanciones y multas	
	Reconocimientos y disminución de impuestos	
PAISAJE	Visibilidad	
HOMBRE	Educación	
	Salud	
FAUNA	Mortalidad	
	Natalidad	
FLORA	Especies de vía de extinción o desaparecidas	
	Especies nuevas	
CULTURAL	Cantidad de agua consumida al mes	
	Subsidio por consumo de agua	
	Positivo	
IMPACTO AMBIENTAL	Negativo	
	Directo	
	Indirecto	

Tabla 2. Matriz de calificación de Impactos Ambientales en Condiciones Normales.

MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO LABORATORIO ANÁLISIS DE ALIMENTOS UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA ARMENIA FACULTAD DE INGENIERÍA											
Tipo de Aspecto	Aspecto Ambiental	Descripción	Impactos Asociados	1	2	3	4	5	6	7	
Entrada	Consumo de materias primas e insumos	Reactivos Análisis Alimentos	Contaminación hídrica y del suelo afectación de ecosistemas de flora y fauna Exposición a riesgos a la salud utilización innecesaria de los recursos naturales	1	3	5	9	2	18	B	
Salida	Emisiones aire	Gases del proceso de destilación de proteína	Contaminación atmosférica	1	1	1	3	1	3	C	
		Vapores de disolventes orgánicos		1	1	1	3	1	3	C	
	Ruido Ambiental		Afectación partes interesadas								
	Vertimientos	Agua de lavado de equipo de vidrio utilizado	Contaminación a Cuerpos de Agua		2	1	1	4	2	8	C
		Agua de refrigeración del destilador			2	3	1	6	2	12	B
	Generación de Residuos	Papel filtro	Disminución Carga Relleno Sanitario		1	1	1	3	1	3	C
		desechos orgánicos de las práctica de los diferentes espacios académicos	Disminución Carga Relleno Sanitario		2	2	5	9	2	18	B
Desechos de los reactivos de los diferentes espacios académicos RESPEL Orgánicos, básicos, Ácidos		Contaminación RESPEL		2	3	5	10	2	20	B	

1: Escala del Impacto, 2: Severidad del Impacto, 3: Legislación nacional, 4: Sumatoria, 5:Frecuencia, 6:Total , 7:Nivel de significancia.

La Valoración de Impactos Ambientales se realizó con la metodología de Burros y López (Canter, 1997), donde se analizan criterios como probabilidad de ocurrencia, magnitud relativa, nivel de vulnerabilidad, duración, incidencia no cuantificable.

Se determinaron los siguientes impactos positivos

Se reducen los riesgos en un 80%, dado que se realiza el almacenamiento, tratamiento y disposición final de acuerdo a la normatividad vigente.

Se evidencia el compromiso de los stakeholder (estudiantes, docentes y administrativos) para el manejo y disposición adecuada de residuos químicos generados en las prácticas de análisis de alimentos.

Mejora continua del sistema de gestión del Laboratorio.

Mejora de la imagen e incremento de la confianza y satisfacción de los clientes

El plan de manejo integral de residuos químicos generados en los laboratorios de análisis de alimentos, fue diseñado de acuerdo a las condiciones contiene:

Medidas generales de mitigación. En este capítulo se establecen entre otros, las buenas prácticas para la manipulación de productos químicos, seguridad e higiene, la política para el uso de materiales, insumos, reactivos químicos, disolventes clorados y no clorados, ácidos, bases, metales; el uso adecuado de Agua y energía eléctrica; los planes de mantenimiento preventivo y correctivo; el proceso de gestión de compras donde se establecen los criterios ambientales para el aprovisionamiento, mediante la elección de materiales, productos y proveedores con

certificación ambiental.

Organización del trabajo en el laboratorio. Este incluye Estudiantes, docentes y administrativos de la facultad, están incluidos en el mapa de procesos del laboratorio. Se encuentra diseñado un procedimiento donde se asignan funciones, responsabilidades y autoridades. Este contiene hábitos personales, de trabajo (Seguridad Química), y los protocolos de emergencias.

Gestión de residuos. Las estrategias desarrolladas en el plan permiten una disminución de uso de reactivos, que contribuyan a la reducción de Residuos Peligrosos. El plan contiene el manejo responsable de residuos Asimilables a Urbanos, Residuos Peligrosos (recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición) clasificados como: soluciones ácidas y básicas, solventes orgánicos, Soluciones acuosas alcalinas, Cada residuo contiene los códigos correspondientes, el diagrama de flujo que permite entender la secuencia del proceso, etiquetas y fichas de seguridad, rotulado y disposición de recipientes, y registros del Control de residuos.

CONCLUSIÓN

El plan de Manejo ambiental en los laboratorios de análisis de alimentos está diseñado de acuerdo a la particularidad de la zona rural de Murillo y los veinte análisis Químicos más comunes, con la evaluación de los impactos positivos y negativos generados en esta actividad.

Las medidas generales de mitigación se realizan periódicamente garantizando el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio, seguridad e higiene, manejo, gestión y tratamiento integral de residuos químicos.

La organización se ha adecuado para el mantenimiento de un buen nivel preventivo y formación de hábitos adecuados en la disposición y manejo de residuos químicos, dado que estos son replicados en las empresas por los ingenieros agroindustriales con fortalezas en la agroindustria sostenible.

La formación y toma de conciencia en los Ingenieros permite replicar estos conocimientos en las empresas con la finalidad de disminuir los impactos negativos en el medio ambiente como son la baja Emisión de Carga Orgánica Contaminante (COT), baja Producción de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Producción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

BIBLIOGRAFÍA

- Basanta, R., M. A. García Delgado, J. E. Cervantes Martínez, H. Mata Vázquez, y G. Bustos-Vázquez. 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5(4): 293-305.
- Canter, L. W. 1997. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Leopold, L., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw and J. R. Balsley. 1971. *A procedure for evaluating environmental impact*. USA: U.S. Dept. of the Interior.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. 71. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT Decreto 4741. 2005. *Reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral*. Bogotá D.C, Colombia.

Extracción Asistida por Microondas de Pectina Empleando Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis*)

Microwave-assisted Extraction of Pectins From Passion Fruit Peel (Passiflora edulis)

Luis Eduardo Mosquera Narváez¹, Diana Edith Molina Soler², Rafael Humberto Gutiérrez Bravo³, María Soledad Hernández Gómez^{1,4}

Resumen. El estudio tuvo como objetivo la extracción asistida por microondas (EAM) de corteza de maracuyá. Las condiciones

¹ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Laboratorio de uso y aprovechamiento de la biodiversidad, Calle 20 No. 5-44, sede Bogotá, Colombia. lemosqueras@unal.edu.co, shernandez@sinchi.org.c

² Ingeniera de alimentos, Estudiante de Maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. demolinas@unal.edu.co

³ Profesor, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

⁴ Profesor, Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

probadas en este ensayo fueron el tiempo de incidencia de la microondas sobre la muestra (0, 2, 6, 10, 14, 18min) y la potencia de la fuente (9,99W, 131,09W y 252,19W), como disolvente de extracción se utilizó agua de la llave en una relación 1:30, m/v. La mejor condición se logró en una exposición de 14 min a 252,19W, obteniendo una concentración de pectina seca de 0,0074g/mL.

Palabras clave: EAM, tiempo de incidencia, subproducto, valorización.

Abstract. The study was carried out on microwave assisted extraction technic (MAE). Conditions varied around exposition time (0, 2, 6, 10, 14, 18min) and microwave power (9,99W, 131,09W and 252,19W), tap water was used as solvent extraction in a ratio 1:30, w/v. Higher extraction amounts were reached at 14 min and 252,19W microwave power, the dry pectin concentration was 0.0074 g / mL.

Key words: MAE, exposition time, fruit wastes, added value.

INTRODUCCIÓN

La pectina es un polisacárido con diferentes aplicaciones en la industria agroalimentaria, cosmética y farmacéutica, como agente gelificante y estabilizante (Guo *et al.*, 2012). Comercialmente se extrae de la cáscara de cítricos y pulpa de manzana por hidrólisis ácida durante mínimo 60 minutos (Kulkarni y Vijayannand, 2010; Wang *et al.*, 2007). Algunos estudios han propuesto el uso de la extracción asistida por microondas (EAM), para obtener mayor rendimiento de pectina, con mejor calidad, amigable con el ambiente y en tiempos más cortos (Rungronmitchai, S. 2011, Guo *et al.*, 2012, Seixas *et al.*, 2014, Wang *et al.*, 2007). El objetivo de este estudio fue estandarizar el proceso de EAM de pectina

a partir de residuos de maracuyá empleando un equipo multimodo modificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cascaras de maracuyá fueron suministradas por Alimentum S.A.S (Funza, Cundinamarca). El etanol empleado en este estudio es grado analítico.

Preparación de la muestra. Las cáscaras fueron cortadas en trozos aproximados de 2 cm², lavadas con agua corriente, escaldadas y secadas a 50°C en un secador de bandejas de convección forzada eléctrico de 110V marca COMEX hasta peso constante. Luego se molieron, tamizaron (tamiz 10 mesh) y almacenaron en recipientes de vidrio a temperatura ambiente hasta su uso.

Extracción de pectina. Se utilizó un horno microondas marca Whirlpool modelo WM1111D00 multimodo, se modificó con un sistema de agitación al interior del reactor empleando un motor de 163RPM con salida de 24 voltios. Para la toma de muestras en diferentes tiempos se empleó una manguera plástica a la cual se indujo vacío usando una jeringa de 20mL (ver Figura 1).

Para la extracción se usó 33,33g de cáscara de maracuyá seca en 1L de agua de la llave, relación 1:30, m/v (Rungronmitchai, 2011), a diferentes potencias (9,99W, 131,09W y 252,19W). Se tomaron 15 ml del extracto en diferentes tiempos de exposición (0, 2, 6, 10, 14, y 18min), se filtró al vacío; posteriormente se tomaron alícuotas de 5ml del extracto filtrado para la precipitación de la pectina con etanol al 96% en una relación extracto-etanol 1:2 v/v, se dejó por dos horas a temperatura ambiente, se filtró al vacío para recuperar la pectina y se secó a 50°C hasta peso constante.



Figura 1. Horno microondas doméstico modificado para la extracción de pectina por microondas.

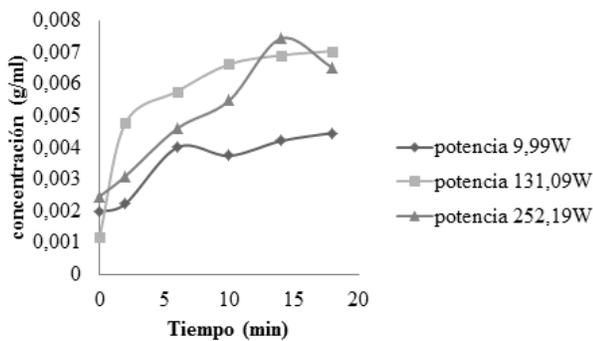


Figura 2. Curva de extracción EAM de pectina de cáscara de maracuyá a diferentes potencias

La concentración de pectina se expresó como el peso de la pectina seca sobre 5mL del extracto filtrado. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EAM permitió la extracción de pectina de las cáscaras de maracuyá. La figura 2 presenta las curvas de extracción a diferentes condiciones de operación. Las extracciones realizadas a una potencia de 9,99W durante todo el tiempo de residencia en el horno microondas presentan los menores valores de concentración de pectina extraída. Las extracciones realizadas con potencia de 252,19W durante 14 min permitieron obtener la mayor concentración de pectina (0,0074g/mL).

Según lo observado la textura de la pectina obtenida a potencias inferiores a 131,09W es posiblemente aceptada para su uso en mermeladas, sin embargo se recomienda hacer los análisis pertinentes. Diferente a la extraída a una potencia

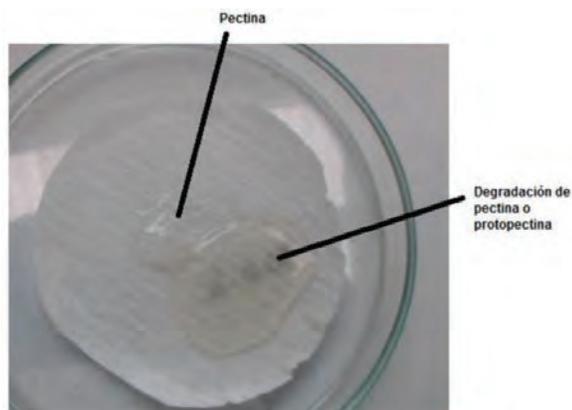


Figura 3. Sustancias pécticas con diferente textura obtenidas durante 18 minutos de residencia de microondas a una potencia de 252,19W

de 252,19W donde se observan dos sustancias pécticas con textura diferente (ver figura 3), en los tiempos de residencia 10, 14 y 18 minutos, posiblemente causado por una degradación de la pectina a esas condiciones de extracción.

Una de las observaciones más importantes dentro del análisis es que en tiempo cero hay una concentración inicial de pectina sin haberse expuesto la muestra a las microondas, esta pequeña porción liberada se debe a la ruptura inicial de la pared celular primaria durante la molienda en la cual el proceso de cizalla libera parte de las sustancias pécticas atrapadas en las paredes celulares.

CONCLUSIÓN

La tecnología EAM funciona para la extracción de sustancias pécticas, los mejores resultados se lograron a una potencia de 252,19W.

El tiempo y la potencia del microondas aumenta la cantidad extraída de pectina pero cambia su textura, recomendable efectuar ensayos de calidad del material extraído y trabajar a potencias bajas y tiempos prolongados o potencias altas en tiempos cortos.

Se obtuvieron curvas de extracción a diferentes potencias y tiempos de residencia con el fin dar un primer paso para proponer cinéticas y mecanismos de extracción empleando la tecnología de EAM.

BIBLIOGRAFÍA

- Guo, X., D. Han, H. Xi, L. Rao, X. Liao, X. Hu, and J. Wu. 2012. Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A Comparison. *Carbohydrate Polymers* 88: 441-448.
- Rungrodnimitichaim S. 2011. Novel source of pectin from young sugar palm by microwave assisted extraction. *Procedia Food Science* 1: 1553-1559.
- Seixas, F.L., D.L. Fukudaa, F.R.B. Turbiani, P.S. Garcia, C.L. Petkowicz, S. Jagadevan and M.L. Gimenes. 2014. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food Hydrocolloids* 38: 186-192
- Wang, S., F. Chen, J. Wu, Z. Wang, X. Liao, and X. Hu. 2007. Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 78: 693 – 700.
- Kulkarni, S.G. and P. Vijayanad. 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*). *LWT-Food Science and Technology* 43 (7): 1026 - 1031

Identificación de Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos en Trucha Arco Iris Cultivada en Mutiscua-Norte de Santander-Colombia

Identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Rainbow Trout in Mutiscua - Norte de Santander - Colombia

Javier Navia¹; Maghdriel C Portilla Martínez²; Alfonso Quijano Parra³

Resumen. Los Hidrocarburos Aromaticos Policiclicos (HAP) son compuestos importantes en la determinación de la contaminación atmosférica, producida por la combustión de fuentes móviles, contaminación industrial y la industria

¹ Microbiólogo. Investigador. MSc en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Pamplona.

² Profesor Asistente. MSc en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona

³ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Básicas. Laboratorio Control de Calidad. Universidad de Pamplona. alfonsoquijanoparra@gmail.com

petrolera. Muchos de ellos son tóxicos y cancerígenos para los organismos vivos. Los HAP presentes en los alimentos, representan un riesgo potencial a los consumidores. En los ecosistemas acuáticos los HAP se incorporan a la biota del entorno y los peces resultan excelentes biomarcadores de su presencia. La región de Mutiscua en Norte de Santander-Colombia es conocida por el cultivo de la trucha arco iris, además esta región está influenciada por la contaminación atmosférica producida por las fuentes móviles a gasolina y diesel que circulan por una vía nacional aledaña al municipio. El creciente interés existente en la actualidad por la investigación en el campo de los compuestos orgánicos como los HAP, se debe a los efectos adversos de estos contaminantes sobre la salud y los ecosistemas. La presente investigación, es una evaluación de la presencia de los HAP, en la pulpa y piel de la trucha arco iris cultivada en Mutiscua. La extracción de los HAP presente en la pulpa y piel de la trucha arco iris se realizó mediante el ultrasonido y el diclorometano como solvente de extracción, la determinación de los HAP se realizó por Cromatografía de gases. Se logró identificar la presencia de una mezcla de Benzofluorantenos, considerados como posibles carcinógenos en humanos según la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer y la posible presencia del Benzo(a) pireno considerado como carcinógeno en humanos.

Palabras clave: Benzo(a) pireno, benzofluorantenos, cromatografía de gases, diclorometano

Abstract. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) compounds are important in determining the air pollution produced by combustion from mobile sources, industrial pollution and oil industry. Many are toxic and

carcinogenic to living organisms. PAHs in food, pose a potential risk to consumers. In aquatic ecosystems PAHs are incorporated by environmental biota and fish are excellent biomarkers of its presence. The region Mutiscua in Norte de Santander Colombia is well known for the cultivation of rainbow trout, plus this region is influenced by atmospheric pollution caused by mobile petrol and diesel driven on a nearby country road to the municipality sources. The growing interest in the present research in the field of organic compounds such as PAHs, is due to the adverse effects of these pollutants on health and ecosystems. This research is an assessment of the presence of PAHs in the pulp and skin of rainbow trout grown in Mutiscua. Extraction of PAHs present in the pulp and skin of rainbow trout was performed using ultrasound and dichloromethane as solvent extraction, determination of PAHs was performed by Gas Chromatography. It was possible to identify the presence of a mixture of benzofluoranthenes considered as possibly carcinogenic to humans according to the International Agency for Research on Cancer and the possible presence of Benzo (a) pyrene considered carcinogenic to humans.

Key words: Benzo (a) pyrene, benzofluoranthenes, gas chromatography, dichloromethane.

INTRODUCCIÓN

Los HAP pueden crear toxicidad en organismos, al interferir con la función de la membrana celular y los sistemas de acoplamiento de enzimas, los metabolitos de HAP se pueden unir al ADN que causa interrupciones bioquímicas y daño celular a los organismos (Kap-Soon *et al.*, 2004; Gozgit *et al.*, 2009). Muchos de los HAP individuales son citotóxicos, mutagénicos, y potencialmente carcinógenos para los seres humanos (World Health Organization, 1998). Los peces recolectados de aguas contaminadas por HAP

presentan anomalías externas y se piensa que estas están relacionadas con la inmunosupresión, incluyendo lesiones de las branquias, piel y aletas causadas por diferentes infecciones (Seeley y Week-Perkins, 1991). Sin embargo, es poco lo que se conoce sobre el mecanismo por el cual los HAP inducen inmunotoxicidad en los peces. En recientes estudios en peces se ha investigado el mecanismo de la inmunotoxicidad inducida por los HAP (Carlson *et al.*, 2004; Reynaud y Deschaux, 2005). El mecanismo intracelular implicado en la inmunotoxicidad mediada por los HAP en los peces pareció ser similar a los observados en los mamíferos y diferían entre las especies y los HAP estudiados. Los mecanismos de defensa inmune adquirido de pescado son los mismos que los de los mamíferos (Zelikoff, 1998). Las células inmunes que producen anticuerpos, se cree son análogas a los linfocitos B de mamíferos, se encuentran en el bazo y el riñón de los peces (Zelikoff, 1998). El objetivo de la presente investigación, es una evaluación de la presencia de los HAP, en la pulpa y piel de la trucha arco iris cultivada en los diferentes estanques de Mutiscua.

MATERIALES Y MÉTODOS

La trucha arco iris se adquirió en los diferentes estanques de la zona de Mutiscua- Norte de Santander.

Extracción de la Materia Orgánica presente en la trucha arco iris de Mutiscua. La materia orgánica presente en la pulpa y la piel de la trucha arco iris (HAP) se extrae por ultrasonido; se utiliza el diclorometano como solvente de extracción. La piel y la pulpa de la trucha por separado, se colocan en un vaso de precipitado (20 g) con 20 mL del solvente por un periodo de 10 minutos a una temperatura de 23-24 °C esta extracción se repite diez veces. Una vez obtenido el extracto orgánico, se lo concentra mediante una destilación hasta aproximadamente 5 mL (extracto global). Posteriormente el extracto global se utilizó, para la determinación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) por Cromatografía de Gases.

Identificación de Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos (HAP). Para identificar los Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos (HAP) presentes en la pulpa y la piel de la trucha arco iris, se utilizó un equipo de Cromatografía de Gases marca Agilent Technologies 6890A Plus Series II Hewlet-Packard Plus con detector FID (Flame Ionization Detector). La columna utilizada

es Restek Rxi-17 Sil MS, 30m de longitud, 0,25mm de diámetro, 0,25µm de diámetro interno (silarylene similar a 50% phenyl/50% dimethyl polysiloxane). Para la identificación de los HAP se utilizó el patrón de 16 hidrocarburos de Restek (catalogo # 31841 EPA Method 8310 PAH Mixture). La identificación cualitativa de los HAP presentes en el extracto global se realizó de acuerdo a las siguientes condiciones: Temperatura del inyector 250 °C; detector FID a 320°C Mezcla (mL/min): Aire 400 – H₂ 30 – N₂ 45. Se inyectó 1 µL, modo splitless a 320°C. Condiciones del horno: Temperatura inicial 65°C por 0.5 min y se incrementa de la siguiente manera: 15°C/min hasta 200°C, 4°C/min hasta 330°C durante 15°C/min. Tiempo de análisis por muestra 53.33 min. Gas de arrastre Helio, flujo 20 mL/min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAP). Para la identificación de los diferentes HAP presentes en el extracto global tanto de la piel como de la pulpa de la trucha arco iris, se tomó como referencia el cromatograma de la muestra patrón de 18 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (EPA Method 8310 PAH Mix.). En la Figura 1 se muestra el cromatograma del patrón estándar de los 18 HAPs (Restek EPA method 8310 PAH Mix., que corresponden al: 1. Naftaleno, 2. -1-Metilnaftaleno, 3. -2-Metilnaftaleno, 4. -Acenaftileno, 5. -Acenafteno, 6. -Fluoreno, 7. -Fenantreno, 8. -Antraceno, 9. -Fluoranteno, 10. -Pireno, 11. -Benzo (a) antraceno, 12. -Criseno, 13. -Benzo (b) fluoranteno, 14. -Benzo (k) fluoranteno, 15. -Benzo (a) pireno, 16. -Indeno (1,2,3-cd) pireno, 17. -Dbenzo (a,h) antraceno, 18. -Benzo (ghi) perileno. En la trucha arco iris se logra identificar una mezcla de benzo fluorantenos y en la piel de la trucha se observa a nivel de trazas la presencia de Benzo (a) pireno. El venzo [a] pireno se considera altamente carcinógeno. La IARC, 2010 clasifica al Benzo(a)pireno en el grupo 1 como carcinógeno para humanos; la mezcla de Benzo (b) fluoranteno, Benzo [k] fluoranteno se clasifica en el grupo 2B como posiblemente carcinogénico para humanos. Estos resultados indican la necesidad de monitorear las aguas que entran a los estanques en donde crecen las truchas, ya que los HAP encontrados, pueden ocasionar a largo plazo un riesgo para la salud humana.

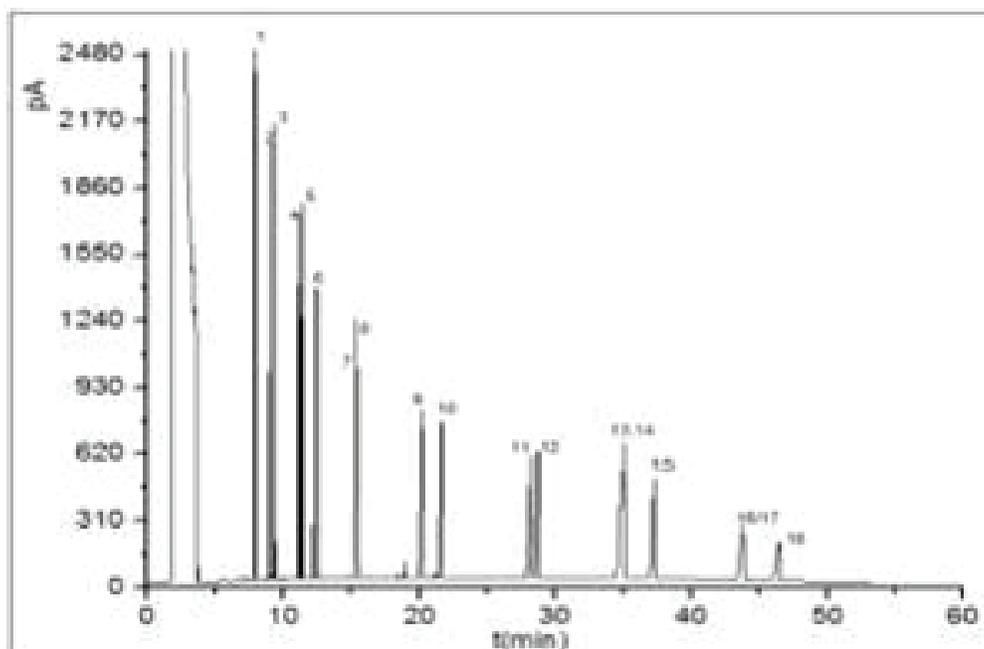


Figura 1. Cromatograma del patrón estándar de los 18 HAP (Restek EPA method 8310 PAH Mix.)001.

CONCLUSIÓN

Los HAP encontrados en la pulpa y la piel de la trucha arco iris son los benzo-fluorantenos y el benzo(a)pireno clasificados por la IARC como carcinógenos y son contaminantes altamente peligrosos por presentar actividad mutagénica y genotóxica.

BIBLIOGRAFÍA

Carlson, E.A., Y. Li and J.T. Zelikoff. 2004. Benzo[a]pyrene-induced immuno-toxicity in Japanese medaka (*Oryzias latipes*): relationship between lymphoid CYP1A activity and humoral immune suppression. *Toxicology and Applied Pharmacology* 201(1): 40–52.

Gozgit, J.M., K.M. Nestor, M.J. Fasco, B.T. Pentecost and K.F. Arcaro. 2009. Differential action of polycyclic aromatic hydrocarbons on endogenous estrogen-responsive genes and on a transfected estrogen-responsive reporter in MCF-7 cells. *Toxicology and Applied Pharmacology* 196(1):58–67.

International Agency for Research on Cancer (IARC), 2010. Some nonheterocyclic polycyclic aromatic

hydrocarbons and some related exposures. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 92:773.

Kap-Soon, N., L. Do-Youn, J.H. Cha, W.A. Joo, E. Lee and K.Chan-Wha. 2004. Protein biomarkers in the plasma of workers occupationally exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons, *Proteomics* 4(11):3505–3513.

Reynaud, S and P. Deschaux. 2005. The effects of 3-methylcholanthrene on lymphocyte proliferation in the common carp (*Cyprinus carpio*L.). *Toxicology* 211(1-2):156–164.

Seeley, K.R and B.A, Week-Perkins. 1991. Altered phagocytic activity of macrophages in oyster toadfish from a highly polluted estuary. *Journal Aquatic Animal Health* 3(3):24–227.

World Health Organization .1998. Environmental Health Criteria 202: Selected Non-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.

Zelikoff, J.T. 1998. Biomarkers of immunotoxicity in fish and other non-mammalian sentinel species: predictive value for mammals? *Toxicology* 129(1):63–71.

Digestibilidad de Dietas Formuladas con Ensilaje Biológico de Subproductos Piscícolas para Alimentación de *Oreochromis spp*

Digestibility of Diets formulated with Biological Silage Using Fish By-products in Oreochromis spp Feeding

Crispulo Perea Román¹; Yeny Judith Garcés Caicedo²; José Luis Hoyos Concha³; Nelson José Vivas Quila⁴

¹ Ingeniero Agropecuario. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. cproman@unicauca.edu.co

² Ingeniera Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. yjgarcesc@unal.edu.co

³ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria, Universidad del Cauca. jlhoyos@unicauca.edu.co

⁴ Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. nvivas@unicauca.edu.co

Resumen. Se evaluó la digestibilidad aparente total (DAT) y de cada uno de los nutrientes (materia seca - DAMS, extracto etéreo - DAEE, cenizas - DACE, fibra cruda - DAFC, proteína cruda - DAPC, energía bruta - DAEB y minerales Ca y P - DACa y DAP), por la metodología de óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador inerte. Para ello, los peces fueron sometidos a colecta de heces en jaulas metabólicas, bajo un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para DAT, DAMS, DAEE, DACE, DAPC, DAEB, DACa y DAP de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado.

Palabras clave: Nutrientes, inclusión, tilapia roja.

Abstract. Total apparent digestibility (TAD) and each one of the nutrients (dry matter ADDM, ethereal extract - ADEE, ash - ADA, raw fiber - ADRF, raw protein - ADRP, gross energy - ADGE and Ca and P minerals - ADCa and ADP) were tested through the chrome oxide (Cr_2O_3) method as inert measure. In order to do this, fish stool was collected at random with 4 treatments and 3 repetitions. The treatment did not show important differences ($p < 0.05$) for TAD, ADDM, ADEE, ADA, ADRP, ADGE, ADCa and ADP according to the inclusion percentage of biological silage of fish waste.

Key words: Nutrients, inclusion, red trout.

INTRODUCCIÓN

La agroindustria piscícola en Colombia, ha tenido un desarrollo importante, produciendo para el año 2010, 63.166 Toneladas métricas (Pesca y Acuicultura, Colombia, MADR 2011), aumentando de igual forma los residuos sólidos (vísceras, piel, cabezas, hueso, entre otros), que requieren de una gestión adecuada a través de tecnologías sostenibles. Un ejemplo de ello

ocurre en el embalse La Salvajina donde se generan (5 Ton/mes), que no están siendo aprovechados. Estos pueden ser utilizados en técnicas como el ensilaje biológico, generando un producto con características deseables y de alto valor nutricional para la alimentación animal.

Por otro lado, la alimentación de los peces en los sistemas productivos constituye entre el 50 - 70% de los costos de producción. A nivel mundial se están buscando alternativas proteicas de bajo costo que reduzcan el precio del alimento (Boscolo *et al.*, 2008).

Debido a lo anterior, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar la digestibilidad aparente total -DAT y de cada uno de los nutrientes (DMS, DAEE, DACE, DAFC, DAPC, DAEB Ca y P - DACa y DAP), lo que permite cuantificar la disponibilidad de nutrientes del ensilaje biológico de residuos piscícolas en tilapia roja, para la formulación de dietas satisfaciendo los requerimientos nutricionales de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de biotecnología de la Universidad del Cauca. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres réplicas, cada una se tomó como una unidad experimental, en donde se evaluaron 48 juveniles en etapa de engorde de tilapia roja en jaulas metabólicas durante 42 días. Las heces recolectadas se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 minutos y se almacenaron en un congelador a $-18^{\circ}C$, para su posterior análisis.

Se evaluó la digestibilidad aparente total - DAT y de cada uno de los nutrientes (DAMS, DAEE, DACE, DAFC, DAPC, DAEB y minerales Ca y P - DACa y DAP), aplicando las siguientes ecuaciones: %DAT = $[Cr203 \text{ en la dieta} - Cr203 \text{ en las heces} / Cr203 \text{ en la dieta}] * 100$

y %DAN = $[\text{nutriente dieta} \cdot \text{Cr2O3 dieta} - \text{nutriente heces} \cdot \text{Cr2O3} / \text{nutriente dieta} \cdot \text{Cr2O3 dieta}] \cdot 100$, de cuatro dietas alimenticias las cuales fueron balanceadas de acuerdo a los requerimiento de la tilapia roja en la fase de engorde, marcadas con Cr2O3, peletizadas y secadas. Los niveles de inclusión de ensilaje biológico y la designación de los tratamientos fueron: T0 (testigo, sin inclusión de ensilaje biológico); T1 (10% de inclusión de ensilaje biológico); T2 (20% de inclusión de ensilaje biológico) y T3 (30% de inclusión de ensilaje biológico). Cada variable se analizó mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA) al 5% de significancia. Se aplicó una prueba de promedios ($p < 0,05$), por el método de Tukey para identificar las diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de digestibilidad.

Coeficiente	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
DAT (%)	62,50	67,29	58,33	57,55
DAMS (%)	96,26	95,64	94,64	94,49
DAEE (%)	95,93	97,57	97,24	97,77
DACE (%)	85,07	82,08	80,75	80,54
DAPC (%)	97,43	97,01	96,34	96,18
DAEB (%)	97,35	96,93	96,12	96,26
DAFC (%)	93,03	89,64	85,07	86,48
DACa (%)	96,33	97,89	95,51	94,77
DAP (%)	92,78	92,18	91,90	91,84

Los valores de DAT en las dietas fueron similares a los reportados por Fernández *et al.*, (2004) para *Pyaractus brachypomus*. Estos valores relativamente altos en los coeficientes DAT se deben al efecto de la temperatura en el proceso de elaboración de las dietas, eliminando así, factores anti-nutricionales y aumentando la digestibilidad (Hettich, 2004).

Los valores de DAMS son superiores a los reportados por diferentes autores en tilapia de nilo con 83,56% y 90,48%; (Boscolo *et al.*, 2008 y Pezzato, 1998) lo anterior se debe a que la tilapia utiliza eficientemente los nutrientes presentes en el ensilado biológico, ya que el valor está por encima del 90%.

La DAEE y DAEB fue similar a la reportados en tilapia de nilo por Martínez *et al.*, (2006) y Pezzato, (1998) con 97,18% y 96,36% respetivamente. El contenido de lípidos en la materia prima y en el ensilaje es una medida importante de la calidad del producto debido al alto contenido de ácidos grasos polinsaturados, esto sugiere que

la relación de los hidratos de carbono/lípidos en la dieta, así como su composición de ácidos grasos, puede ser más adecuado a las necesidades nutricionales de la tilapia (Maia, 1998).

Los valores de DACE estuvieron por arriba de los reportados en tilapia de nilo por Boscolo *et al.*, (2008). Este comportamiento se atribuye el alto contenido de cenizas en los residuos, destacando que el ensilaje es una buena fuente de minerales, principalmente Ca y P.

El coeficiente de DAPC fue superior a los reportados en tilapia de nilo por Boscolo *et al.*, (2008), 88,13%. Valores altos de digestibilidad de proteínas observadas en las dietas con ensilaje de residuos de pescado, se debe posiblemente a la acción de proteasas endógenas presentes en los subproductos de los peces, aumentando la solubilidad de las proteína (Martínez *et al.*, 2006).

El tratamiento T0 presentó una mayor DAFC ($p < 0,05$), los resultados son superiores a los reportados en tilapia por Boscolo, *et al.*, 2008, 67,09%. Los subproductos de pescado son bajos en fibra, los niveles encontrados se deben a harinas de origen vegetal.

CONCLUSIÓN

La digestibilidad aparente promedio de los nutrientes evaluados en dietas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado fue superior al 90%, mostrando que posee una alta disponibilidad de ácidos grasos, aminoácidos y minerales ideales para la alimentación animal.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por el financiamiento de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Boscolo, W., C. Hayashi, A. Feidin, F. Meurer e A. Signor. 2008. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para *Oreochromis niloticus*. Ciencia Rural 38(9): 2579-2586.
- Hettich, C. 2004. Evaluación de la digestibilidad de dietas en *Oncorhynchus mykiss*: sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de *Lupinus albus*. Chile.
- Maia, M. 1998. El uso de la fracción lipídica de ensilaje de residuos de tilapia para su uso en los piensos para la acuicultura. Anais Acuicultura Brasil.
- Martínez, M., M. Gomes, A. Da Silva, C. Pimenta, R. Viera, y J. Evangelista. 2006. Digestibilidade e desempenho de alevinos de *Oreochromis Niloticus* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Ciência e Agrotecnologia 30(6): 1196-1294.
- Pezzato, E. 1998. Digestibilidade aparente de fontes protéicas para *Oreochromis niloticus*. Simpósio Brasileiro de aquicultura.

Viabilidad de la Obtención de Ácido Láctico a Partir de Naranja Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Fermentado con *Lactobacillus casei* ATCC 393.

Quantification of Lactic Acid Obtained by *Lactobacillus casei* ATCC 393 using *Citrus sinensis* (L.) Osbeck in Fermentation Process

Laura Milena Rivera García¹; Luisa Fernanda Rincón Herrera²; Henry Reyes Pineda³

¹ Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Agroindustriales. lriverag@uqvirtual.edu.co

² Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Agroindustriales. lfrincoh@uqvirtual.edu.co

³ Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Humanas. hreyes@uniquindio.edu.co

Resumen. Este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de jugo de naranja valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) como sustrato para la obtención de ácido láctico en un proceso fisicoquímico con *Lactobacillus casei* ATCC 393, mediante un método de fermentación Batch, sin control de oxígeno, a temperaturas de 32, 37 y 42°C por 12 horas tomando muestras de 5 mL / h.. Se evaluó pH (pH metro) y azúcares reductores (DNS). Se presentó un aumento de pH, contrario a lo esperado dada la producción de ácido láctico, debido a sales amortiguadoras presentes en el caldo MRS y adaptación de la cepa; una disminución de azúcares reductores, evaluada a 32 y 42°C, siendo más evidente a las 12 horas de fermentación a 42°C, lo cual evidencia la producción de ácido láctico. Éste método puede aplicarse a otros sustratos y puede cuantificarse mediante cromatografía de líquidos (HPLC), con el fin de integrarlo a procesos de biopolimerización en la manufactura de bioempaques.

Palabras clave: Ácido láctico, *Lactobacillus casei*, fermentación Batch, azúcares reductores.

Abstract. This survey aims to evaluate the efficacy of the acid lactic obtained in physical and chemical process by *Lactobacillus casei* ATCC 393 using citrus *sinensis* (L.) Osbeck as substrate in fermentation, then it used Batch fermentation method and not oxygen controlled in 32°, 37° and 42°C temperature for 12 hours by sampling of 5 mL/h. We sampled pH and applied DNS method. The results show a pH increased, against expected due to the acid lactic produced. It is explained by buffer salts homogenized in MRS agar and adaptation of the strain; decreasing in reductive – sugar; it analyzed in 32° and 42°C. It was remarkable in 12 hours of fermentation in 42°C, showing production of lactic acid. This methodology can be applied for another substrate, being it probably quantified by liquid chromatography (HPLC) method in order focusing in biopolymer manufacturing.

Key words: lactic acid, *Lactobacillus casei*, fermentation Batch, reducing sugars.

INTRODUCCIÓN

El uso de polímeros de la petroquímica ha conllevado a un impacto ambiental. La utilización de materias primas agroindustriales propias de la región en conjunto con microorganismos fermentadores permiten a la industria obtener productos biodegradables como es el caso del PLA (ácido poliláctico) (Munilla y Carricedo, 2005). El ácido láctico se encuentra en dos formas ópticamente activas, isómero L(+) y D (-) (Panesar *et al.* (Citado por García *et al.*, 2010). Serna-Cock y Rodríguez de Stouvenel, (2005), muestran la polimerización del ácido láctico para empaques biodegradables en alimentos. En este trabajo se evaluó la eficacia de *L. casei* ATCC 393 como productor de ácido láctico en sustrato de jugo de naranja para su posible utilización en la producción de bioempaques.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizó *Citrus sinensis* por color, a_w , humedad, cenizas, acidez, °Brix, pH y azúcares reductores por DNS. El jugo se pasteurizó a 65°C x 30 min. Y simultáneamente se enfrió a 5°C (FAO, 2006). Posteriormente se realizó azúcares reductores. El jugo se hidrolizo por ultrasonido para obtener el material celular. La cepa ATCC 393 se reactivó en 5 mL de leche descremada a 37°C como medio de

Tabla 1. Composición fisicoquímica *Citrus Sinensis osbeck*

Composición fisicoquímica <i>Citrus sinensis</i> Osbeck		
Componentes Principales	Reportes Bibliográficos	Reportes Experimentales
°Brix jugo	9,75	9,71
Acidez jugo	0,95-1,08%	0,92%
pH jugo	3,4	4,75
Azúcares Reductores jugo	3,84 g/100ml	2,53 g/100ml
aw pulpa	0,98	0,9733
Humedad pulpa	89%	87,92%
Cenizas pulpa	3,5 gr/100	7,85 gr/100

cultivo inicial. Se introdujo la pajilla durante 20 minutos, luego se traspasa a otro tubo con 5 ml de leche descremada. Esto se pasó a 250 mL de caldo MRS y se inocula a 37°C por 24 horas. Se sembró en agar MRS por duplicado e incubadas a 37°C durante 24 horas. Se realizó tinción de Gram. Se cuantifico la cepa por escala Mc. Farland expresadas en UFC/mL (Torres, 2010). El cultivo bacteriano se preparó según la metodología de Araya *et al.*, 2010. El cultivo madre se preparó con 1 mL del cultivo y enriquecido en 100 mL de caldo MRS por 24 horas a 37°C. El inóculo se preparó transfiriendo 1mL de cultivo madre en 250 mL de caldo MRS por 18 horas a 37°C. El sustrato se inoculó con 0,3% (v/v) del cultivo. Se utilizó el software *Infostat* con análisis de conglomerados en función de la distancia euclídea para el parámetro de color así como diagrama de puntos utilizando el error estándar como medida de variabilidad para parámetros de a_w , °Brix, humedad, cenizas y pH. Se evaluó la producción de ácido láctico para temperaturas de 32°C y 42°C utilizando gráficos de dispersión en EXCEL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Cambios en la concentración de azúcares reductores tras fermentación del jugo de naranja valencia con *Lactobacillus casei* ATCC 393.

Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Absorbancia	C(mg/mL)
5	32	0,20759	35,7446
	42	0,21007	36,2723
9	32	0,23455	40,4993
	42	0,26479	45,7216
12	32	0,18881	32,6016
	42	0,15325	26,4626

Los datos experimentales señalados en la Tabla 1 para el jugo y pulpa de naranja Valencia en contraste con los reportes bibliográficos, Hours *et al.*, 2005 se encuentran en el rango establecido, la diferencia, aunque significativa, radica en que en las especificaciones generales para la naranja Valencia no especifica para la subespecie Osbeck, sin embargo, en la evaluación de éstas matrices alimentarias se conoció el estado fisicoquímico de la materia prima para iniciar el proceso fermentativo, asegurando condiciones ideales para la reproducción y metabolismo de la cepa *L. casei* ATCC 393. Una vez terminado el proceso de fermentación a las 12 horas (tiempo de no viabilidad de la cepa), a las muestras tomadas a las 5, 9 y 12 horas de fermentación (tabla 2) se les realizó un análisis por espectrofotometría. A las temperaturas de 32 y 42°C, se evidenció una disminución de pH y concentración de glucosa, relacionada con la producción de ácido láctico a las 12 horas como se muestra en la Figura 1.

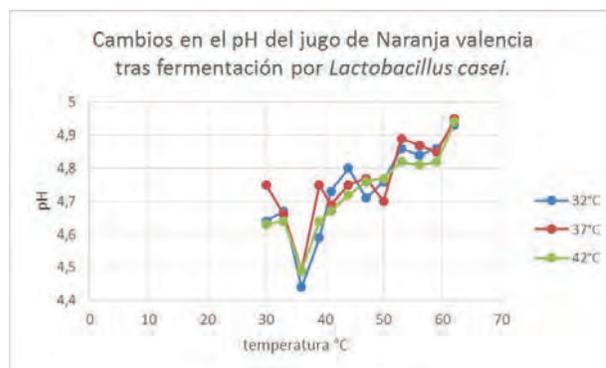


Figura 1. Cambios en el pH del jugo de Naranja valencia tras fermentación por *Lactobacillus casei*.

CONCLUSIÓN

El proceso fermentativo, demuestra la obtención del ácido láctico en su forma racémica la cual no requiere otra técnica instrumental para ser identificada como la utilizada para este estudio, sin embargo, puede considerarse para futuras investigaciones la técnica de cromatografía de líquidos (HPLC). Además, el sustrato de la naranja valencia se considera apropiado para la obtención del ácido y posterior polimerización del mismo para obtener un biopolímero (PLA).

BIBLIOGRAFÍA

- Araya, C.C., *et al.*, 2010. Síntesis de ácido láctico a través de hidrólisis enzimática simultánea a la fermentación de un medio sobre desecho de piña (Ananascomous) para su uso como materia prima en la elaboración de ácido poliláctico. Revista iberoamericana de polímeros 11(7): 407-416.
- FAO. 2006. Fichas técnicas productos frescos y procesados. En: Jugo de Naranja. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pprocesados/fru18.htm. 4p.; consulta: septiembre 2013.
- García, C.A., *et al.*, 2010. Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Temas Agrarios 15(2): 9-26.
- Hours, R., M. Ferreyra, M. Schwab, L. Gerard, L. Zapata y C. Davies. 2005. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. Ciencia, docencia y tecnología. 16 (31): 219-239.
- Munilla, M.H. y G.B. Carracedo. 2005. Ácido láctico y poliláctico: situación actual y tendencias ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal 39(1): 49-59.
- Serna, C.L. y S.A. Rodríguez. 2005. Producción Biotecnológica de ácido láctico. Ciencia y Tecnología Alimentaria 5(001): 54-65.
- Torres Bautista, Blanca Estela. 2010. Aplicación de la impedancimetría electroquímica para el seguimiento en tiempo real del crecimiento y actividad de bacterias con resistencia a compuestos mercuriales. Trabajo de grado Ingeniería Química Industrial. Universidad autónoma de Yucatán. Yucatán. 86 p.

Utilización de los Residuos (Cáscaras) de Lulo (*Solanum quitoense*) como Fuente de Ácidos Grasos.

Utilization of Wastes (Shells) of Lulo (*Solanum quitoense*) as a Source of Fatty Acids.

Jimmy Alexander López Narváez¹; Pedro Vanegas Mahecha²

¹ Ingeniero Agroindustrial, Grupo de Investigación en Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. jalopezna@unal.edu.co.

² Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. pvanegasmah@unal.edu.co

Resumen. Se exploró el uso de las cáscaras de lulo (*Solanum quitoense*) para la obtención de ácidos grasos. Se evaluó la hidrólisis con HCl 1N, 2N y 4N a 95°C, 80°C y 65°C; el material hidrolizado se despolimerizó en una solución 3% p/v de NaOH en CH₃OH y se extrajeron los ácidos grasos; la cutícula hidrolizada y los extractos se analizaron mediante FT-IR. La hidrólisis a 95°C/4N generó rendimientos para remoción y extracción hasta de 14,58% y 77,19% respectivamente, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, se confirmó la presencia de los grupos éster en la cutícula y carboxilo en el despolimerizado. Las cáscaras de lulo son buena fuente de ácidos orgánicos cuyo potencial en el campo de la agroindustria alimentaria y no alimentaria debe ser evaluado.

Palabras clave: Hidrólisis, despolimerización, cutícula, FT-IR, éster.

Abstract. Use of lulo peels (*Solanum quitoense*) in order to obtain fatty acids was probed. Hydrolysis with HCl 1N, 2N and 4N at 95°C, 80°C and 65°C was evaluated. The hydrolyzed material was depolymerized in a 3% w/v of NaOH in CH₃OH solution and the fatty acids were extracted, hydrolyzed cuticle and the extracts were analyzed by FT-IR. Hydrolysis at 95°C/4N showed yields of removal and extraction of 14.58% and 77.19% respectively, highly significant differences between treatments were found, the presence of ester bonds in the cuticle and carboxyl group in the depolymerized was confirmed. Lulo peels are a source of organic acids whose potential in the agroindustry of food and non-food needs to be evaluated.

Keywords: Hydrolysis, depolymerization, cuticle, FT-IR, ester.

INTRODUCCIÓN

La producción de lulo en Colombia en el año 2011 fue de 57712 toneladas (AGRONET, 2012) y su procesamiento genera gran cantidad de residuos (semillas, restos de pulpa y cáscaras). Dentro de la estructura de todas las partes aéreas de las plantas superiores se encuentra la cutícula como una barrera natural de las plantas para evitar problemas como la pérdida excesiva de agua (Benítez *et al.*, 2004), esta se compone a su vez de cutina, un poliéster cuyo constituyente principal son ácidos grasos 16 y 18 carbonos

interesterificados (Peschel *et al.*, 2007); la cutina representa entre el 40% y 80% en peso de la cutícula (Heredia, 2003), de acuerdo a esto, la cutina puede ser una fuente significativa de estos compuestos con potencial para orientarse hacia el aprovechamiento agroindustrial. Se han desarrollado trabajos de caracterización de cutina de varias frutas, sin embargo, el planteamiento para aprovechar residuos de vegetales en la extracción de ácidos grasos ha sido escaso; en contraste Benítez *et al.*, (2004) proponen aprovechar los residuos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) para la síntesis de una biopelícula. En este trabajo se evaluó la posibilidad de usar la epidermis presente en cáscaras de lulo para la obtención de ácidos grasos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como referencia la metodología de Benítez *et al.*, (2004). Las cáscaras de lulo (*Solanum quitoense*, Variedad Castilla) obtenidas en FRUTIHLEN S.A.S. (Cali - Colombia. 995 msnm, T. promedio 23°C) se trataron con una solución de Celluclast 1,5L y Novozyme 33095 (NOVOZYMES) 0,1% v/v por 3 días. Las cutículas se lixiviaron con hexano para extraer las ceras. Las muestras se trabajaron por triplicado y se cuantificaron los rendimientos (NTC 287). Muestras de 2 gramos se hidrolizaron por 8 horas en 50 mL de HCl 1N, 2N y 4N, a 65°C, 80°C y 95°C en un diseño completamente al azar con arreglo factorial ($\alpha \leq 0,05$), por gravimetría se determinó el porcentaje de remoción de compuestos hidrolizables. Las cutículas se despolimerizaron en una solución 3% p/v de NaOH en CH₃OH por 18 horas, el resultante se filtró, se acidificó y los ácidos grasos se solubilizaron en dietil éter, se evaporó el solvente y se determinó el rendimiento. Los datos se analizaron con SAS 9.3, la presencia de ácidos carboxílicos en el despolimerizado y de enlaces éster en la cutina se determinó por FT-IR (JASCO 4100) tomando como referencia la muestra de mayor rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento enzimático removió más del 33% de compuestos adheridos a la cutícula, sin embargo esto depende de las características propias de la fruta (estado de madurez, variedad, etc.) y del proceso de despulpado. El contenido bruto de ceras fue en promedio de 4,2%, se debe tener en cuenta que el hexano

Tabla 1. Resultados Rango múltiple de Duncan por tratamiento.

R.H. (Pr>f 0,0001)					R.E. (Pr>f 0,0001)				
Tratamiento	Temperatura	HCl	Grupo	Media	Media	Grupo	HCl	Temperatura	Tratamiento
7	95°C	4N	A	14,6	77,19	A	4N	95°C	7
4	95°C	2N	B	12,2	75,28	A	2N	95°C	4
8	80°C	4N	B	12,2	74,92	A	1N	95°C	1
1	95°C	1N	C	10,4	74,31	A	4N	80°C	8
5	80°C	2N	D	8,26	69,29	B	4N	65°C	9
9	65°C	4N	D	8,11	67,52	B C	1N	80°C	2
2	80°C	1N	E	6,73	67,25	B C	2N	80°C	5
6	65°C	2N	F	4,59	64,34	C D	2N	65°C	6
3	65°C	1N	G	3,67	63,9	D	1N	65°C	3

pudo solubilizar componentes que no fueron eliminados con el tratamiento enzimático. La hidrólisis de la cutícula con HCl permitió remover carbohidratos y proteínas de la estructura cuticular (Schmidt y Schönherr, 1982) con rendimientos entre el 3% y 15% (Fig.1. Derecha), Järvinen *et al.*, (2010) encontró valores entre 2% y 12% al trabajar con enzimas, se presentaron incrementos a medida que se elevó la temperatura y la concentración del ácido, el rendimiento en extracción presentó tendencia similar (Fig.1. Izquierda); este efecto puede manejarse solo si la estructura química cuticular no se altera negativamente. Según Walton, (1990) citado por Benítez *et al.*, (2004) la hidrólisis ácida en concentración hasta 6N/105°C por 12 horas no altera tal estructura.

Según Peschel *et al.*, (2007), el proceso de extracción arroja como resultado ácidos grasos compuestos por cadenas de 16 y 18 átomos de carbono, estos monómeros se unen mediante enlaces éster para formar la cutina. En la Tabla 1 se muestran los principales resultados obtenidos para el procesamiento de datos con SAS 9.3, el análisis DUNCAN indica diferencias altamente significativas entre todos los tratamientos tanto para hidrólisis como para extracción, el análisis de medias mostró que el tratamiento 7 con HCl 4N a 95°C logra mayor porcentaje de R.H y R.E. La prueba de FT-IR de la cutícula hidrolizada (Figura 2) y del extracto arrojó picos característicos cerca de 1724 cm⁻¹ y 1715cm⁻¹ respectivamente, lo cual en su orden confirma la presencia de enlaces éster y del grupo carboxilo.

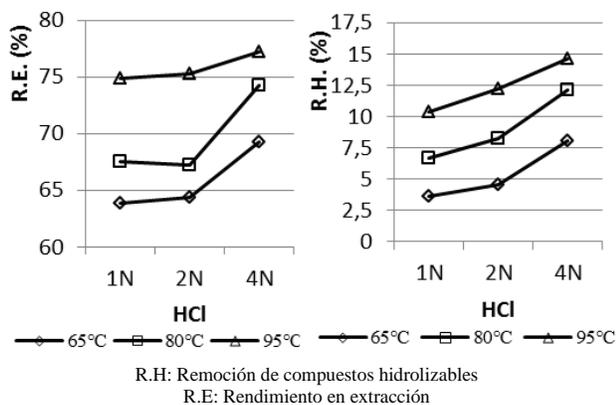


Figura 1. Efecto de las condiciones de tratamiento sobre R.H. y R.E.

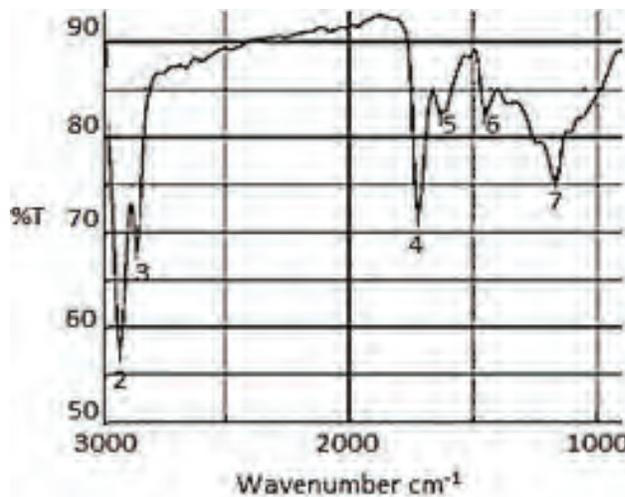


Figura 2. Gráfica FT-IR de cutícula hidrolizada a 95°C/HCl 4N.

CONCLUSIÓN

El incremento de la temperatura y la concentración del ácido en la hidrólisis de la cutícula mejoran el rendimiento en remoción de compuestos hidrolizables y en extracción de ácidos carboxílicos, rendimientos de más del 77% en la etapa de extracción indican que las cáscaras de lulo pueden ser buena fuente de ácidos grasos cuyo perfil y cuyo potencial en el campo de la agroindustria alimentaria y no alimentaria debe ser evaluado.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET, 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011. En: AGRONET, <http://www.agronet.gov.co>. pp. 79-82.; Consulta: febrero 2014.
- Benítez, J.J., R. García and A. Heredia. 2004. Plant biopolyester cutin: a tough way to its chemical synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta* 1674 (1): 1-3.
- Heredia, A. 2003. Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochimica et Biophysica Acta* 1620 (1-3): 1-7.
- Järvinen, R., M. Kaimainen and H. Kallio. 2010. Cutin composition of selected northern berries and seeds. *Food Chemistry* 122 (1): 137-144.
- Peschel, S., R. Franke, L. Schreiber and M. Knoche. 2007. Composition of the cuticle of developing sweet cherry fruit. *Phytochemistry* 68 (7): 1017-1025.
- Schmidt, H.W. and J. Schönherr. 1982. Development of plant cuticles – occurrence and role of non-ester bonds in cutin of *Clivia miniata* Reg. leaves. *Planta* 156 (4): 380-384.
- Walton, T. 1990. Waxes, cutin and suberin. *Methods Plant Biochem* 4: 105-158.

Caracterización Físico-Química de Fibras de Plátano (*Musa paradisiaca*) Enfocada al Diseño de Materiales Compuestos

Characterization Physical-Chemical of Plantain (Musa paradisiaca) it is focused on Design of Composites

Yuliana Cadavid Mora¹; Edith M. Cadena Chamorro²;
J. Manuel Vélez Restrepo²; J. Felipe Santa Marín³; Viviana Otalvaro³

¹ Ingeniera Agrícola. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. ycadavidm@unal.edu.co

² Profesor Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
emcadenac@unal.edu.co, jmvelez@unal.edu.co

³ Profesor Instituto Tecnológico Metropolitano. jfsanta@gmail.com, vivianaotalvaro@itm.edu.co

Resumen. El plátano es catalogado como cultivo perenne reemplazable, es decir, después de la obtención del fruto (un año aproximadamente) se debe reemplazar la planta. El tallo es desechado en la misma plantación, ocasionando inconvenientes en el suelo y en el propio cultivo. Es por esta razón que emerge un gran interés en el aprovechamiento y utilización de este residuo, que se ha convertido en un problema en ésta cadena productiva. En este contexto, una alternativa es crear nuevos materiales, biocompuestos, teniendo como base fibras vegetales provenientes del pseudotallo del plátano. En este estudio se utilizaron fibras originarias del Urabá, Antioqueño. Fueron analizadas observando su morfología correspondiente a la estructura jerárquica por medio de un estereoscopio y microscopía SEM, evidenciando la presencia de microfibrillas que conforman

el haz de fibras. En la caracterización química se determinó el contenido de celulosa, lignina, hemicelulosa, cenizas, minerales y extractivos. Análisis de DSC y DRX se realizaron para evidenciar el potencial de aplicación a los materiales compuestos o campos en los cuales se pueda llevar a cabo una provechosa implementación.

Palabras clave: Residuo agrícola, material lignocelulósico, fibras, biocompuestos

Abstract: Plantain is cataloged as perennial substitutable crop, that is to say, after getting the fruit (about one year) the plant must replaceable. The stem is scrapped on the ground, getting problems both in the soil and the crop. Therefore, the great interest on using and drawing upon this waste is growing up, as it has become in a trouble in the production

chain. An alternative as solution is to create new materials, biocomposites based on vegetable fibers derived from the plantain stem. In this assay were used fibers from Urabá, Department of Antioquia, which were analyzed looking their morphology corresponding to the hierarchical structure by stereoscope and SEM microscopy, evidencing microfibers conforming fibers bundle. Chemical Characterizing was determined the content of cellulose, lignin, hemicellulose, ashes, minerals and extractives. Assays as DSC and DRX were carried out, proving the potential to apply to new composites or areas, which can accomplish with a useful implementation.

Key words: agricultural waste, lignocellulose material, vegetable fibers, biocomposites.

INTRODUCCIÓN

El plátano es una planta monocotiledónea de la familia *Musáceas* y género *Musa*. Este género tiene aproximadamente 40 especies dentro de estas se encuentra el híbrido *Musa Paradisiaca* (Martinez, 1998). Dentro de la agricultura colombiana el plátano es un cultivo característico debido a las extensas áreas de siembra y a su alto rendimiento. Colombia cuenta con 378.884ha cultivadas siendo Antioquia el segundo productor con una participación del 12% y un rendimiento de 291.510 Ton (AGRONET, 2012).

El cultivo exige la remoción de la planta después de alcanzar su madurez fisiológica. La duración de su ciclo vegetativo puede variar dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, aproximadamente, entre 14 y 16 meses (Belalcazar, 1991). “Este cultivo genera casi 4 millones de toneladas métricas de residuos al año, además, se demora muchos meses en degradarse, y al enterrarlos generan una presión muy alta al suelo, malos olores y líquidos tóxicos que afectan considerablemente al medio ambiente”, afirma Piedad Gañán, investigadora del Grupo de Investigación en Nuevos Materiales –GINUMA, de la UPB.



Figura 1. Corte transversal del pseudotallo-liofilizado.

El 95% de los residuos del plátano (hojas, vástago y tallo) son usados como abono, desconociendo su valor agregado, ya que su producción solo se enfoca en la comercialización de la fruta como beneficio alimenticio, dejando de lado el gran potencial que radica en esta planta. (Betancurt, 2011).

Surge la alternativa de aprovechamiento del tallo de plátano correspondiente a la extracción de fibras lignocelulósicas como materia prima para la obtención de materiales compuestos (composites). Una caracterización física y química permite definir las propiedades fundamentales que tiene intrínseca dicha fibra. En este estudio se evaluó la estructura física de las fibras por medio de microscopía, propiedades térmicas y químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima que se utilizó corresponde al pseudotallo, cortes longitudinales y transversales fueron liofilizados en un Labconco Free Zone, con el objetivo de analizar su estructura y forma se utilizó un Estereoscopio Nikon Serie eclipse LV100 y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) JEOL JSM 59-10 LV.

Para la caracterización química las fibras utilizadas oscilan entre 64 y 164 cm, fueron preparadas y procesadas con etapas de Escarmenado, Forplexado y Molienda, según requerimientos de cada análisis químico. Lignina Klason se determinó conforme la Norma TAPPI T222 om-11. Holocelulosa, usando el método de Clorinación según norma ASTM D1104-56 y Celulosa con la norma ASTM 1695-77. Cenizas por incineración directa bajo la norma AOAC 942.05 y Minerales por Espectrofotometría de Absorción Atómica según norma NTC 5151. Para análisis calorimétrico diferencial de barrido se utilizó DSC Q2000 con rampa de calentamiento 20°C/min, entre 20- 200°C y se determinó % Cristalinidad por difracción rayos X (DRX).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el pseudotallo liofilizado se realizó una identificación de sus partes, distribución estructural y arreglos en conjunto (Figura 1), aspectos importantes para el área de Biónica, la cual se encarga de la creación de formas análogas al comportamiento de los seres vivos mediante observación y análisis (Senosiain, 2013). En este caso, el tallo se puede comparar con una viga en voladizo o un elemento a flexión empotrado (Thompson, 1960). En el caso del plátano, la estructura se caracteriza por su alta porosidad, conformada por espacios libres que confieren mayor flexibilidad, igualmente se observa los haces conductores representados por cavidades, los cuales se encargan del transporte de nutrientes (Figura 2. a-b). Los poros pueden alcanzar un diámetro promedio de 79,303 μm (Figura 2.c-d).

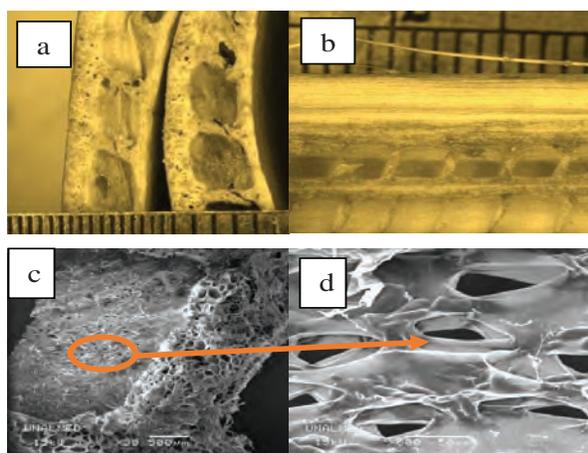


Figura 2. Pseudotallo del plátano. Estereoscopia: a. Corte transversal; b. Corte longitudinal. Microscopia SEM corte transversal: c. 500 μm ; d. 50 μm .

En la Tabla 1 se muestra la caracterización química y contenidos de minerales del material lignocelulósico. Fibras de fique y sisal presentan un contenido de celulosa 41,5% (Quinchía, 2011) y 50,15% (Santiago D, 2006), respectivamente. Las fibras de plátano presentan un contenido de celulosa superior (56,83%) por consiguiente se convierte en una alternativa para la elaboración de nuevos materiales o incursionar en mercados ya existentes como la industria papelera. Otra alternativa es el diseño de materiales compuestos, pues propiedades térmicas como la T_g confirman su gran potencial al obtenerse un valor de , es decir que la fibra de plátano presenta estabilidad como sólido hasta ésta temperatura, en este caso actuaría la Celulosa como polímero vegetal y componente intrínseco de las fibras, el cual tiene una cristalinidad de 61,33%

Tabla 1. Caracterización química y contenido de minerales de la fibra.

Minerales	Resultado	Análisis	%
Calcio %	0,54	Humedad	11,79
Cobre y fósforo	N.D	Ligninaklason	19,13
Hierro mg/kg (ppm)	67,00	Celulosa	56,83
Magnesio %	0,26	Hemicelulosa	21,67
Manganeso mg/kg (ppm)	60,00	Extractivos lipofílicos	1,27
Potasio mg/kg (ppm)	110,00	Extractivos hidrosolubles	10,75
Sodio mg/kg (ppm)	91,00	Cenizas	2,37

CONCLUSIÓN

La morfología del pseudotallo permite ser punto base para el desarrollo de nuevos diseños analizando su distribución, se puede catalogar como una estructura liviana, gracias a su alta porosidad. El contenido de celulosa en las fibras es significativo para llevar a cabo diferentes estudios basados en la obtención de materiales.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Nacional de Semilleros de Investigación, Creación e Innovación de la Universidad Nacional de Colombia 20132015. Código: 18311.Mod 1. A la Alianza ITM-UNALMED, FGN 004

BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET. 2012. Producción nacional por producto, <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>; consulta:12 de Febrero de 2014
- Belalcazar, S. 1991. El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico. En CORPOICA. Comité departamental de cafeteros, Quindío, Colombia 24p
- Betancurt, Á. 2011. Residuos del plátano, renta para productores. UN periódico. 141.
- Martínez, A. (1998). El cultivo del plátano en los llanos orientales, Villavicencio: Siglo XX. (1):59 p
- Quinchía, A.U. (2011). Aplicación ambiental del bagazo del fique. En escuela de ingenieros de Antioquia, Jornadas de Investigación de ingeniería.EIA, Envigado, Colombia. 45 p.
- Santiago D, R. N. (2006). Potencial papelero de la fibra de sisal. Revista forestal venezolana 002(046): 22 .
- Senosiain, J. (2013). Bioarquitectura: En busca de un espacio. México, Editorial ink. 338 p.
- Thompson, D. (1960). Sobre el crecimiento y la forma. Cambridge, La factoría de ediciones. 330 p.

Determinación de Requerimientos Hídricos para Avena Forrajera (*Avena sativa* L.) y Raigrás (*Lolium perenne*) en la Sabana de Bogotá (Colombia).

Determination of water requirements for forage oats (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium perenne*) crops in the savannah of Bogotá (Colombia).

César Terán Chaves^{1*}; Gilberto Murcia Contreras²; Alberto García Prats³

1 Investigador en Manejo de aguas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) C.I.Tibaitatá, Vía Mosquera. Bogotá, Colombia. <cteran@corpoica.org.co.> *Autor para correspondencia.

2 Investigador en Procesos y Maquinaria Agrícola, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) C.I.Tibaitatá, Vía Mosquera. Bogotá, Colombia. <gmurcia@corpoica.org.co.>

3 Profesor e Investigador, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia, España. <agprats@upvnet.upv.es>

Resumen. Se determinó el consumo hídrico de especies forrajeras con la huella hídrica y las funciones de producción respecto al agua para los cultivos de avena forrajera (*Avena sativa* L.) y raigrás (*Lolium perenne*), teniendo en cuenta la evaluación de la energía presente en la atmósfera en la región. Se generó un gradiente de humedades según Hanks *et al.*, (1976), para obtener las respuestas. Se llevaron a cabo 15 experimentos para generar el consumo hídrico, la huella hídrica, la producción de biomasa y la productividad hídrica normalizada (WP*). Se consideraron nuevas investigaciones sobre uso de agua, Steduto *et al.*, (2007) implementadas por el modelo AquaCrop (FAO) para la determinación de la biomasa y la producción agrícola a partir del agua para especies herbáceas. El trabajo se desarrolló en el C.I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) (4°42'N; 74°12'W), Bogotá, a 2543 msnm. Para avena forrajera se encontró una función de producción de segundo orden que define su huella hídrica en forma variable con un punto óptimo de 390 mm para una producción de 22 t ha⁻¹ y una WP* de 18,97 g m⁻², mientras que para raigrás una línea recta con un punto máximo de 410 mm y una producción de 10 t ha⁻¹, alcanzando una WP* de 18,08 g m⁻² de siembra a primer corte y de 14,66 para los cortes posteriores. Se obtuvieron las curvas del cultivo Kc, Kcb, y Ke de sus respectivos ciclos productivos, con puntos máximos de Kcb de 1,1 para raigrás, y 1,14 para avena forrajera.

Palabras clave: Huella hídrica, Eficiencia de uso de agua, forrajes, Productividad hídrica, Consumo hídrico, Función de producción.

Abstract. Water consumption of forage species with the water footprint and production functions to water for crops of forage oats (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium perenne*) was determined, taking into account the evaluation of the energy in the atmosphere in the region. Moisture gradient as Hanks *et al.*, (1976) was generated, to obtain the answers.

It took just 15 experiments to generate water consumption, water footprint, biomass production and water productivity standard (WP*). New research on water use, Steduto *et al.*, (2007) implemented by the model AquaCrop (FAO) for the determination of biomass and agricultural production from water in herbaceous species were considered. The work was developed in the C. I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) (4°42'N, 74° 12'W), Bogotá, 2543 meters. To forage oats production function that defines second-order its water footprint variably with an optimum of 390 mm for a production of 22 t.ha⁻¹ and WP* of 18.97 g.m⁻² was found, while ryegrass that a line with a peak of 410 mm and an output line 10 t.ha⁻¹, reaching a WP* 18.08 gm⁻² of seed and a first cut for subsequent cuts 14.66. Crop Kc curves, Kcb were obtained and Ke of their production cycles, with peaks of 1.1 Kcb for ryegrass and forage oats to 1.18.

Key words: Water footprint, water use efficiency, feed, water productivity, water consumption, production function.

INTRODUCCIÓN

El nuevo enfoque planteado por la FAO en el modelo AquaCrop (2009), Steduto *et al.*, (2007) plantea la consideración, en términos independientes de los componentes de evaporación directa del suelo (E) y transpiración de las plantas (Tr) para así poder estimar, teniendo en cuenta la relación causa-efecto del agua, de forma más realista, la producción de biomasa (B) y el índice de cosecha (IC), además de la productividad hídrica normalizada WP* como el motor básico de producción de biomasa y la cosecha, Raes *et al.*, (2009 a,b). Este modelo puede utilizarse para la estimación de la huella hídrica de especies herbáceas y podría ampliarse su uso a especies forrajeras, en especial a los cultivos de pasto

raigrás (*Lolium perenne*) y avena forrajera (*Avena sativa* L.). El objetivo de este trabajo fue la determinación de los requerimientos hídricos y la huella hídrica de los cultivos de pasto raigrás y avena forrajera por medio de algunos de los parámetros del modelo *AquaCrop* como son los coeficientes del cultivo K_c , K_{cb} , K_e . Así mismo la evaluación de la producción de biomasa y cosecha por medio de las funciones de producción respecto del agua y las productividades hídricas de los cultivos estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sitio experimental. Se desarrollaron 15 experimentos en el C.I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) localizado a (4°42'N; 74°12'W), en la sabana de Bogotá, 2543 msnm. Los suelos pertenecen al complejo Pachic Haplustands–Humic Haplustands–Fluventic Dystrustepts. Símbolo RMQa y RMQb. IGAC, (2000). El clima ambiental es frío y seco, caracterizado por temperaturas entre 12 y 18°C y precipitaciones promedio anual entre 500 y 1000 mm. **Diseño Estadístico.** De acuerdo al análisis estadístico del experimento de Hanks *et al.*, (1976) propuesto por Johnson *et al.*, (1983), se definieron dos experimentos independientes simultáneos, para cada especie, con unidades experimentales de 27,5 m². Cada uno de los experimentos está dispuesto en dos mitades Norte y Sur, separadas por la línea de riego de aspersores con el fin de que produzcan un techo hídrico a dos aguas homogéneo, generando seis (6) niveles paralelos que constituyen los tratamientos de riego, incluido el último al cual no le alcanza a llegar agua y que corresponderá al nivel de cero (control, sólo con lluvia). Este diseño estadístico responde a un arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, para un total de 48 unidades experimentales (Johnson *et al.*, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadísticos. Se aplicó el modelo general multivariado (Johnson *et al.*, 1983) que corresponde a un método lineal mixto el cual es una generalización del análisis lineal estándar que consiste en que a los datos se les permite presentar una correlación y variabilidad no constante. Proc Mixed de SAS fue utilizado para realizar los análisis estadísticos de inferencia para los experimentos de gradiente y reconocer la valoración de la significancia o no ($\alpha=0,05$) de los resultados de materia fresca, biomasa seca, y altura de plantas como respuesta a

la lámina aplicada. SAS, Inc. (2011).

Funciones de Producción: Avena forrajera. Se obtuvo la curva de lámina aplicada contra producción de biomasa en materia seca y la función de producción de avena forrajera. Para este caso se ajusta una curva parabólica bien definida, con un coeficiente de determinación de $r^2=0,851$. La biomasa producida aumenta con esta función hasta un máximo un poco superior a 22 t ha⁻¹ de materia seca lograda con cerca de 390 mm de lámina de agua aplicada, luego inicia su descenso si se continúa con el aumento de lámina de agua. **Raigrás.** En general para el primer corte, época en la cual el cultivo genera todas las estructuras de la planta, (raíz, tallos, hojas y estructuras reproductivas) se alcanzaron niveles de producción mayores que para los cortes posteriores. La función de producción es una recta con un ajuste del coeficiente de determinación de $r^2=0,6906$. Las producciones para el primer corte se ubican al final de la recta de ajuste con un máximo cercano a 9 t ha⁻¹ para una lámina de 410 mm de agua, aunque experimentalmente se lograron producciones promedias máximas que alcanzaron cerca de 10 t ha⁻¹. Para los cortes posteriores al primero la función de producción llega a determinar niveles de materia seca producidos cercanos a 7 t ha⁻¹ con una lámina aplicada de 240 mm.

Productividad hídrica normalizada. La productividad hídrica normalizada para avena forrajera fue de 18,97 g m⁻². Mientras que para raigrás sólo alcanzó un valor promedio de 18,08 g.m⁻² para el periodo de siembra a primer corte y de 14,66 g m⁻² para los cortes posteriores.

CONCLUSIÓN

La función de agua-producción para avena forrajera respondió a una ecuación de segundo orden con un máximo en 390 mm de agua aplicada para todo el ciclo del cultivo para una producción media de 22 t ha⁻¹. La función de producción para pasto raigrás en el entorno edafoclimático de la sabana de Bogotá, respondió a una línea recta en la cual el segmento más prolongado presenta un máximo de 410 mm de agua para una producción del ciclo hasta el primer corte de 9 t ha⁻¹ y para los cortes posteriores al primero la función de producción llega a determinar niveles de materia seca de 7 t ha⁻¹ con una lámina de sólo 240 mm.

En ambos casos se obtuvieron los coeficientes del cultivo K_c , K_{cb} , y K_e , a lo largo del ciclo del cultivo. El coeficiente de transpiración del cultivo (K_{cb}) para raigrás asciende a

1,1 en su punto máximo alcanzado a los 55 DDS y 1,18 para avena forrajera alcanzado a los 81 DDS.

La productividad hídrica normalizada para avena forrajera fue de 18,97 g m⁻² mientras que para raigrás alcanzó un valor promedio de 18,08 g m⁻² para el periodo de siembra a primer corte y de 14,66 g m⁻² para los cortes posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Hanks, J.R., J. Keller and V.P. Rasmussen and G.D. Wilson. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crops production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 426-429.
- IGAC. 2000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Departamento Administrativo Nacional del Estadística (DANE) e IGAC, Subdirección de agrología. Bogotá, D.C., 901 p.
- Johnson. D.E., U.N. Chaudhuri and E.T. Kanemasu. 1983. Statistical analysis of line-source sprinkler experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 309-312.
- Raes, D., P. Steduto, T. Hsiao and E. Fereres. 2009 (a) AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water. Reference Manual. FAO. Roma. Sp.
- Raes, D., P. Steduto, T.C. Hsiao y E. Fereres. 2009. (b) AquaCrop —The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description *Agron. J.* 101: 438-447.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.2. User's guide, second edition.
- Steduto, P., T.C. Hsiao and E. Fereres. 2007. On the conservative of biomass water productivity. *Irrig. Sci.*, 25: 189-207.

Efecto de 1-Metilciclopropeno en la Poscosecha de Mandarina (*Citrus Reticulata L.*) Var. Arrayana

Effect of 1-Methylcyclopropene Postharvest in Mandarin (Citrus Reticulata L.) Var. Arrayana

Carlos A. Gómez¹; Helber E. Balaguera-López²; Juan C. García³; Aníbal O. Herrera⁴; Víctor J. Flórez⁵

- 1 Químico, Candidato a MSc Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. cagomezg@unal.edu.co
- 2 Ingeniero Agrónomo, Candidato a Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias, hebalaguera@unal.edu.co
- 3 Ingeniero Agrónomo, Candidato a MSc Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, jucgarcia@unal.edu.co
- 4 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, aoherrera@unal.edu.co
- 5 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, vjflorez@unal.edu.co

Resumen. Se evaluó el efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento poscosecha del fruto de mandarina (*Citrus reticulata L.*) variedad "arrayana" cosechados en madurez comercial. Para el estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x3+1, con dosis de 1-MCP (0,5, 1,0 y 1,5 µL L⁻¹), y tiempo de tratamiento (2, 12 y 24 h), 4 repeticiones para un total de 40 UE a temperatura ambiente. Se midieron variables físicas, químicas y fisiológicas periódicamente. Se encontraron resultados favorables en poscosecha a 0,5 µL L⁻¹ de 1-MCP con tratamiento de 2h.

Palabras clave: Poscosecha, mandarina, fisiología, 1-metilciclopropeno.

Abstract. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) was evaluated on the postharvest behavior of mandarin (*Citrus reticulata L.*) fruit "arrayana" variety harvested at commercial maturity. It was used a completely randomized design (DCA) 3x3 +1 factorial arrangement with a dose of 1-MCP (0.5, 1.0 and 1.5 µL L⁻¹), and treatment time (2, 12 and 24 h), 4 replicates for a total of 40 EU at room temperature. Physical, chemical and physiologic variables were measured periodically. Results indicate a favorable postharvest at 0.5 µL L⁻¹ 1-MCP-treated for 2h.

Key words: Postharvest, mandarin, physiology, 1-methylcyclopropene.

INTRODUCCIÓN

La mandarina (*Citrus reticulata* L.) es uno de los cítricos más representativos en Colombia. Para el año 2013, los departamentos con mayor participación en la producción y área sembrada fueron Valle del Cauca y Santander con 2.942 hectáreas que corresponde al 65.8% (SIPSA, 2013). El desarrollo, evolución y crecimiento del mercado interno colombiano está permitiendo que la oferta citrícola de países vecinos vea a Colombia como un importante mercado. Por manejo poscosecha las pérdidas oscilan entre 12 y 25% dependiendo del nivel tecnológico del sistema de producción, afectando finalmente la competitividad del sector (Aguilar *et al.*, 2012).

Si bien no son productos climatéricos, son frutos altamente perecederos que presentan una serie de problemas en poscosecha que conllevan a la degradación del fruto (Porat *et al.*, 2004). Una alternativa es el 1-MCP que evita la unión del etileno con su receptor y su acción. También regula su biosíntesis a través de la inhibición del proceso autocatalítico (Blankenship and Dole, 2003). Win *et al.*, (2006) reportan en frutos cítricos el incremento de la actividad clorofilasa y producción de etileno a dosis superiores de 1 $\mu\text{L L}^{-1}$; a dosis inferiores de 0,5 $\mu\text{L L}^{-1}$ se reducen estos procesos. Por tanto, en cítricos el efecto difiere según la dosis, con un comportamiento completamente diferente a lo reportado en frutos climatéricos. Por otro lado, Li *et al.*, (2012) encuentran que el 1-MCP en acidez total titulable, ácido ascórbico y tasa de respiración en frutos de mandarina no tiene efecto; no obstante, se inhibió la senescencia y la degradación de clorofilas. Así, al evaluar efecto del 1-MCP en la poscosecha en frutos de mandarina como tecnología poscosecha, es necesario establecer dosis ($\mu\text{L L}^{-1}$) y tiempos de aplicación (h).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de mandarina (*Citrus reticulata* L.) var. Arrayana en madurez comercial, 1-MCP en polvo de la empresa Rohm and Haas y empaques termoformados de polietileno (PET).

Se realizó un DCA con arreglo factorial 3x3+1: dosis (0,5, 1,0 y 1,5 $\mu\text{L L}^{-1}$), y tiempo de tratamiento (2, 12 y 24 h) con 1-MCP en fase de vapor, y un testigo. El 1-MCP se usó de acuerdo con la metodología utilizada por Herrera (2007). Posterior a los tratamientos, los frutos permanecieron a 18°C, 75% HR. Se midieron variables poscosecha como pérdida de peso, color de la epidermis (IC), sólidos

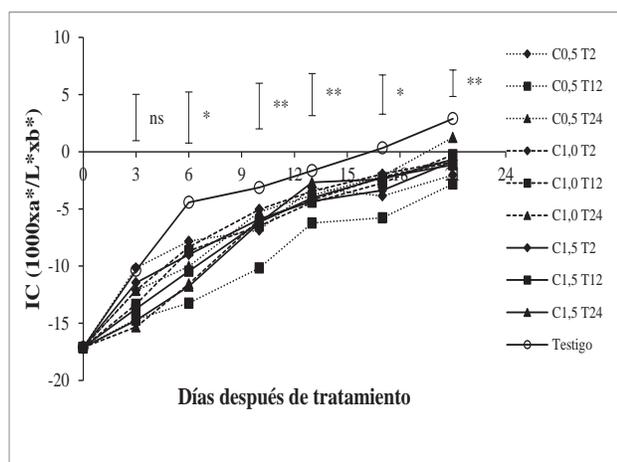
solubles totales, firmeza, acidez total titulable, tasa respiratoria, clorofilas y carotenoides. Se realizaron pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas, y Anova para determinar diferencias estadísticas, y comparación de promedios con Tukey ($P \leq 0,05$) en SAS 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

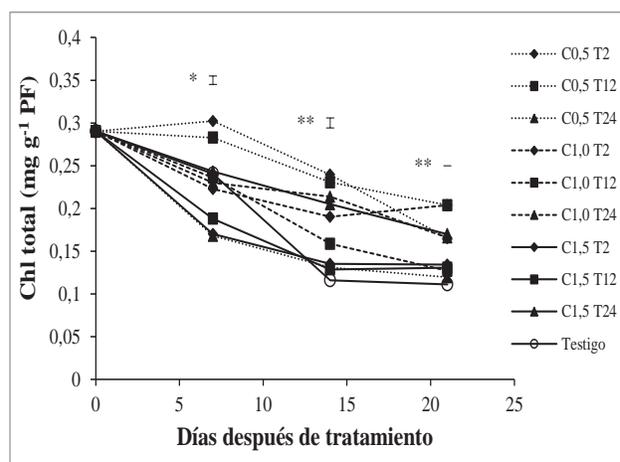
Los resultados indican que las variables en donde se observa mayor respuesta son IC, contenido de carotenoides totales y clorofila total. El incremento IC indica cambios en la epidermis de color verde a color naranja (Figura 1-A), lo cual se debe a degradación de clorofilas y desenmascaramiento de carotenoides, principalmente de β -caroteno y β -criptoxantina (Zhou, 2010). El contenido de clorofilas totales disminuye con el almacenamiento (Figura 1-B), siendo menor en el testigo y mayor en frutos tratados con 1-MCP. La disminución del contenido de clorofilas se debe al incremento de actividad de enzimas clorofilasas, las cuales son estimuladas por el etileno e inhibidas por 1-MCP (McCollum and P. Maul, 2007; Win *et al.*, 2006).

Los carotenoides totales incrementaron, siendo mayor en el testigo y menor en frutos tratados con 1-MCP (Figura 1-C). La aplicación de 1-MCP reduce el incremento del IC y contenido de carotenoides. Además, disminuye la tasa de degradación de clorofilas, lo cual concuerda con lo reportado por Rodrigo *et al.*, (2013), en donde su aplicación reduce expresión de genes relacionados con la biosíntesis de carotenoides, como el gen BCH (β -caroteno hidrolasa) regulado positivamente por el etileno e inhibido por 1-MCP. Resultados similares han sido reportados en otros frutos no climatéricos como pomelos (McCollum and P. Maul, 2007) y limas (Win *et al.*, 2006), donde el 1-MCP inhibe transitoriamente (hasta por 21 días) el desarrollo de color amarillo-naranja en frutos. El 1-MCP como estrategia de conservación fue eficiente en disminuir la velocidad de degradación de clorofilas y desenmascaramiento de carotenoides.

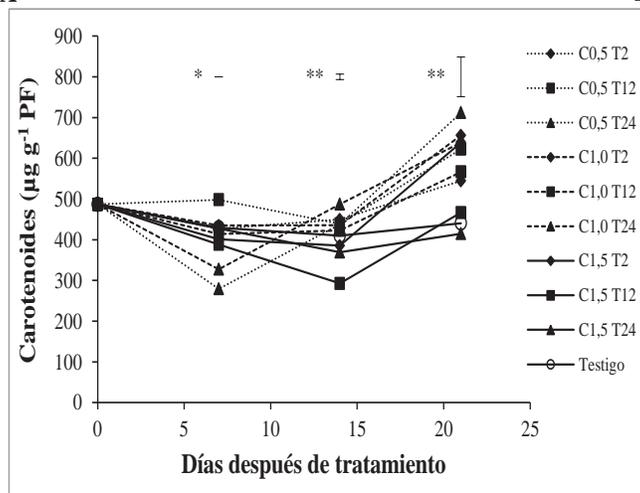
Con los resultados encontrados se puede afirmar que el 1-MCP sólo afecta parámetros relacionados con el color, como índice de color, contenido de clorofilas y carotenoides. En características relacionadas con calidad interna: ATT, SST, y firmeza no se encontraron diferencias en los tratamientos, así el 1-MCP inhibe los procesos dependientes de etileno que ocurren durante la maduración. En este sentido, para frutos no climatéricos como la mandarina, el etileno está involucrado en la



1-A



1-B



1-C

Figuras 1 A-C. Efecto de diferentes concentraciones (0,5, 1,0 y 1,5 $\mu\text{L L}^{-1}$) y tiempos de aplicación (2 (T2), 12 (T12) y 24 (T24) h) de 1-MCP sobre el índice de color (A), clorofila total (B), contenido de carotenoides total (C) en frutos de mandarina var. Arrayana durante la poscosecha. *Diferencias estadísticas al 5%, **diferencias estadísticas al 1%, ns no hay diferencias de acuerdo con el Anova. La barra vertical representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) de la prueba de Tukey. Si la diferencia entre dos promedios en cada punto de muestreo es mayor al LSD, habrá diferencia ($P \leq 0,05$).

degradación de clorofilas y acumulación de carotenoides, mientras que su papel en otros procesos no es claro (Jamori *et al.*, 2003; Mayuoni *et al.*, 2011).

CONCLUSIÓN

La concentración más adecuada de 1-MCP para retrasar el desarrollo de color en frutos de mandarina Arrayana es 0,5 $\mu\text{L L}^{-1}$ con tratamiento de 2 h, bajo estas condiciones

es mayor el contenido de clorofilas, menor el contenido carotenoides e IC. Aunque a dosis superiores hay efectos, no es recomendable ya que implicaría mayor costo en la adopción de dicha tecnología.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Ministerio de Agricultura por la financiación del proyecto "Evaluación de diferentes tecnologías

poscosecha para la conservación de frutos de mandarina (*Citrus reticulata*)” No. CE-13158-111-09, y a CENIREC por su apoyo en la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, P.M., J. Escobar, and C.P. Pássaro. 2012. Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas p 225. En. Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Garcés L. y C. Pássaro (Eds.), Itagüí, Colombia, 367 p.
- Blankenship, S. and J. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- Herrera, A. 2007. Emisión de compuestos volátiles durante la poscosecha de frutos de mandarina: Efecto de las bajas temperaturas y del tratamiento con etileno, Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 103 p.
- Jamori, M., R. Kluge and A. Jacomino, 2003. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agricola*, 60(4): 785-788.
- Li, Q., F. Wu, T. Li, X. Su, G. Jiang, H. Qu, Y. Jiang, X. Duan, , 2012. 1-Methylcyclopropene extends the shelf-life of 'Shatangju' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit with attached leaves. *Postharvest Biology and Technology*, 67: 92-95.
- Mayuoni, L., Z. Tietel, B. Patil and R. Porat, 2011. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? *Postharvest Biology and Technology*, 62: 50-58.
- McCollum, G. and P. Maul, 2007. 1-Methylcyclopropene Inhibits degreening but stimulates respiration and ethylene biosynthesis in Grapefruit. *Hortscience*, 42(1): 120-124.
- Porat, R., B. Weiss., L. Cohen., A. Daus. and N. Aharoni. 2004. Reduction of postharvest rind disorders in citrus fruit by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 33: 35-43.
- Rodrigo, M., B. Alquézar, E. Alós, J. Lado and L. Zacarías, 2013. Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit. *Horticulturae Scientia*, 163: 46-62.
- SIPSA, 2013. Mandarina y sus derivados. In: Ministerio de Agricultura. Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (Editor), Boletín semanal Precios Mayoristas, Bogotá.
- Win, T., V. Srilaong, J. Heyes, K. Kyu and S. Kalanayarat, 2006. Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 23-30.
- Zhou, J., C. Sun., L. Zhang., X. Dai., C. Xu and K. Chen, 2010. Preferential accumulation of orange-colored carotenoids in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit peel following postharvest application of ethylene or ethephon. *Scientia Horticulturae*, 126: 229-235.

Valoración de Dietas Para Porcinos con Formulaciones que Contienen Residuos Agroindustriales

Rating Diets for Pigs With Formulations Containing Agroindustrial Wastes.

Stephanie Hereira P¹; Rafael Oliveros B²; Luis Boyano O³

1. Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Atlántico. Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia. Estudiante de maestría en Ciencias en la especialidad de biotecnología (CINVESTAV) México DF: shereirap@gmail.com

2. Ingeniero de alimentos. M. Sc. Ciencia y tecnología de alimentos. Universidad del Atlántico. Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia: rafaelolivero@mail.uniatlantico.edu.co

3. Autor a quién se va a dirigir la correspondencia: Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Atlántico. Km 7, Antigua Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia: luisboyano8@gmail.com

Resumen. Con el objetivo de evaluar dietas para porcinos con formulaciones que contuvieran desechos agroindustriales, se utilizaron 9 cerdos, conformando tres grupos de animales de acuerdo a las dietas. La variación en los tratamientos radicó en la fuente de proteína, siendo T0: Concentrado comercial. (Blanco), T1: Dieta con un 9% de torta de soya y 3 % harina de pescado y T2: Dieta con un 3% de torta de soya y un 9% de harina de pescado. Se consideraron como variables de respuesta: el consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CAL), eficiencia alimenticia (EA), Rendimiento de canal (RC), velocidad de crecimiento (VC), Costo de alimentación (COA) y Grasa dorsal (GD). Los resultados mostraron mejores rendimientos en T2 con respecto a los demás tratamientos, obteniéndose CAL de 3.57, 3.6 y 3.21 para T0, T1 y T2 respectivamente y rendimientos de canal de 66, 70.3 y 79.5% igualmente. En el análisis económico resultaron menos costosos los tratamientos experimentales (T1 y T2) en relación con el concentrado comercial.

Palabras clave: Concentrado porcino, residuos agroindustriales, formulaciones.

Abstract. With the aim of evaluating different diets formulation for pigs that contained agro industry residues, 9 pigs were used. The study had three groups of animals according to the diets. The variations in the treatments settled in the protein source, being T0: commercial food, T1: diet with 9 % of soya cake and 3 % of fishmeal, T2: diet with 3% of soya cake and 9 % of fishmeal. The analyzed variables were as follows: feed intake (CA), average daily gain (GP), nutritional conversion (CAL), feed efficiency (EA), carcass performance (RC), feeding cost of weight gain (COA) and lean meat percentage (GD). Obtaining CAL with values of 3.57, 3.6 y 3.21 to T0, T1 y T2 respectively and RC of 66, 70.3 and 79.5%. About the economic analysis, the results showed that T1 and T2 result of low costs compared with commercial feed.

Key words: Pig Feed, agribusiness wastes, formulations.

INTRODUCCIÓN

La producción porcina es un negocio de gran tamaño a nivel mundial, dinámico y creciente;

En el país, en la última década, la producción porcina ha aumentado en 108%, se observa que entre enero y mayo de 2011 sacrificaron 1.018.833 cabezas mientras que en 2012 en el mismo periodo fueron 1.136.557 cabezas, (DANE, 2012). Los costos de alimentación en una explotación porcina son casi siempre mayores del 70%, lo que limita las utilidades del productor (Gómez *et al.*, 2007; López, 2010). La creciente contradicción entre la necesidad de elevar el consumo de proteínas de origen animal, las limitaciones monetarias y de disponibilidad de alimentos para los animales constituye un reto permanente para la búsqueda de soluciones económicas y competitivas (Marrero *et al.*, 2005).

Bauza *et al.*, (2005) Determinaron que el uso de suero de queso permite un ahorro de ración, sin afectar la velocidad de crecimiento, Según González *et al.*, (2010) La reducción en el contenido de proteína y la inclusión de salvado de trigo en la dieta mejoran el perfil de aminoácidos pero incrementa el contenido de fibra. Ortiz *et al.*, (2011) recomendaron en su trabajo utilizar hasta 30 % de harina de frutos del árbol del pan como reemplazo del maíz para los cerdos de ceba. En este sentido se decidió con esta investigación evaluar distintas dietas para porcinos con formulaciones que contuvieran desechos de la agroindustria, con el fin de determinar su factibilidad en la alimentación porcina frente a las líneas de producto en el mercado actual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de raza para el cria de cerdos. El estudio se desarrolló entre agosto y noviembre de 2013, en instalaciones localizadas en el Departamento del Atlántico

en el municipio de Galapa. Se seleccionó para el estudio un cruce entre Pietran, Landrace y Duroc. A el que se aplicó un diseño experimental 3X3 de tres tratamientos con triplicado de la muestra.

Suministro de la dieta y cría de los cerdos. El estudio se realizó en las etapas de desarrollo y ceba (23-80 Kg), se estableció una duración de 16 semanas, o menos para las muestras que alcanzaran los 80 kilos antes de dicho periodo. En el que se suministró al azar los tratamientos, T0: Concentrado comercial. T1: Dieta experimental 1. T2: Dieta experimental 2. De acuerdo a las especificaciones de las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Componentes, balances y formulaciones de dietas experimentales para cerdos en desarrollo y ceba.

Ingrediente	T1	T2
Torta soya	9,00	3,00
Harina de pescado	3,00	9,00
Sal	1,50	1,50
Suero en polvo	0,10	0,10
Harina hueso	0,50	0,50
Maíz salvado	8,00	8,00
Harina de arroz	40,90	40,90
Salvado de trigo	37,00	37,00

Tabla 2. Composición química de dietas suministradas.

	PB % (min)	Grasa % (min)	Fibra % (máx)	Cenizas % (máx)
T0	16	3	7	9
T1	16	3	4	6
T2	16	3	4	6

Las variables de respuesta obtenidas en el estudio: Consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CAL), eficiencia alimenticia (EA), Rendimiento de canal (RC), velocidad de crecimiento (VC), Costo de alimentación (COA) y Grasa dorsal (GD). El análisis estadístico de los datos se realizó con un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si había diferencias significativas entre tratamientos y en los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de alimento. En la Figura 1, se muestra la cantidad de alimento diario consumidos por los animales a medida del tiempo en semanas transcurrido.

Ganancia de peso y conversión alimenticia.

Respecto a la ganancia de peso y a la conversión alimenticia se observó que el T2 tuvo mejores valores con respecto a los otros dos tratamientos. Los valores son similares a otros estudios reportados. (Bauza *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2007).

Eficiencia alimentaria, rendimiento de la canal y velocidad de crecimiento.

Los resultados de eficiencia alimentaria para los T0, T1 y T2 fueron: 28, 27,08 y 31%. En cuanto a la velocidad de crecimiento en cada uno de los tratamientos, se observa en la figura 2 que T2 tuvo una velocidad de crecimiento mayor y se obtuvo el peso esperado en menor tiempo. La Tabla 3, resume los parámetros evaluados en cada uno de los tratamientos. De acuerdo a los análisis de varianza se presentaron diferencias significativas entre tratamientos pero no hubo diferencias significativas en cada tratamiento ($p < 0,05$).

Tabla 3. Rendimiento promedio y demás indicadores evaluados en cada uno de los tratamientos aplicados.

Duración período/ semanas	T0	T1	T2
	28	28	27
Peso inicial (Kg)	23	22	28
Peso final (Kg)	77	74	79
Consumo total / animal (Kg)	193.2	193.2	175.7
Consumo diario / animal (Kg)	1.84	1.84	1.79
Ganancia de peso / animal / día (g)	514.3	498.4	557.8
Conversión alimenticia	3.578	3.691	3.21
Eficiencia alimenticia (%) ¹	28	27.08	31
Rendimiento de la canal (%)	66	70.3	79.5
Espesor grasa dorsal (cm)	2.2	2.4	3
% peso de contenido grasa abdominal	1.46	1.11	0.93

Análisis económico. En cuanto a la relación costo beneficio en cada una de las dietas (Tabla 4), se apreció que la dieta de menos costo fue T1, seguido por T2.

Los valores de relación costo/beneficio fueron 0.48, 0.42 y 0.39 para los tratamientos 0, 1 y 2, respectivamente.

Tabla 4. Determinación del costo beneficio en cada uno de los tratamientos.

	Costo materia prima \$/Kg	T0	T1	T2
Costo bulto comprado (\$)		35,200		
Valor total dieta / animal		176,000	148,182	155,210
Consumo total, Kg		193.2	193.2	193.2
Valor Kg /cerdo		7000	7000	7000
Peso ganado, Kg		51.43	49.84	55.78
Beneficio económico, \$		360,010	348,880	390,460
Relación costo/beneficio		0.48	0.42	0.39

CONCLUSIÓN

La utilización de materias primas no convencionales constituye una alternativa viable para la alimentación de cerdos en desarrollo y finalización, ya que al reemplazar el concentrado comercial, el costo de alimentación se reduce significativamente por animal con similares y mayores eficiencias.

También, se encontraron diferencias significativas en las variables de estudio, obteniendo mejores resultados los reportados para el T2, siendo una dieta de mayor valor proteico. Para los tratamientos T1 y T0, se obtuvieron valores similares, lo cual las constituye como formulaciones de posible aplicación. La relación costo/beneficio se vio favorecida para el tratamiento T2.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad del Atlántico y a Colciencias por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Bauzá, R., A. González., G. Panissa., H. Petrocelli., y V. Miller. 2005. Evaluación de dietas para cerdo en recría incluyendo forraje y suero de queso. Revista argentina de producción animal, 25:11-18.

DANE, 2012. La carne de cerdo en el mundo. En: Boletín Mensual Insumos Y Factores De Producción. Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario (SIPSA). <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/>

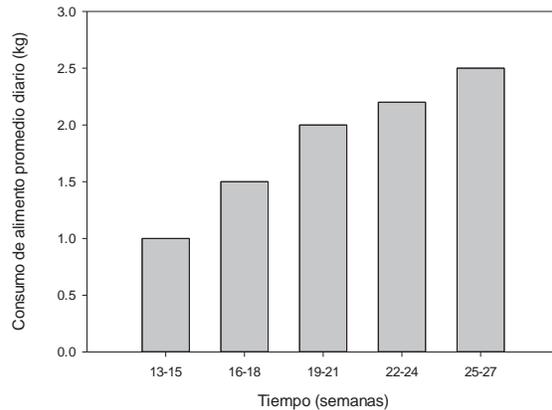


Figura 1. Gráfica de consumo en promedio de alimento a través del tiempo.

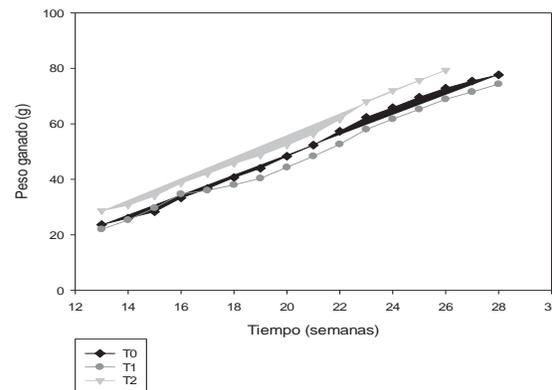


Figura 2. Gráfica de la velocidad de crecimiento dada en cada tratamiento.

public/boletines/InsumosDane/insumos_factores_de_produccion_agosto_2012.pdf. 84 p.; consulta: febrero 2014.

Gomez, A., C. Benavides y C. Díaz. 2007. Evaluación De Torta De Palmiste (Elaeis Guineensis). Facultad de ciencias agropecuarias. 5: 54- 63.

Marrero, L., E. Silveira y E. García. 2005. Evaluación de sistemas de alimentación porcina a partir de fuentes energéticas de producción nacional. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. 6(6): 1-10.

Ortiz, A., O. Martí., M. Valdiviá y C. Leyva. 2011. Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (Artocarpus altilis) en dietas para cerdos en ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(2):145-149.

Análisis de la Caracterización Química de los Residuos del Cultivo y producción de Zumo de Uva como Materia Prima para la Generación de Energía

Waste Chemical Characterization Analysis of Culture and Grape Juice Production as Feedstock for Energy Generation

Angela Viviana Ruales-Salcedo¹, Andrés Felipe Rojas-González², Carlos Ariel Cardona-Alzate³

1 Ingeniera Agroindustrial. Estudiante de Maestría en Ingeniería_ Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Carrera 27 # 64 – 60. avruales@unal.edu.co

2 Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Química. Grupo de Investigación en Aprovechamiento de Residuos-GIAR. anfrojasgo@unal.edu.co

3 Ingeniero Químico, M.Sc, Ph.D. Profesor. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Resumen. El objetivo del trabajo es analizar la composición química de los residuos del cultivo y producción de zumo de uva, mediante análisis próximo y por correlaciones para el poder calorífico superior (HHV) y análisis último, con el propósito de establecer su potencial energético. Se encontró que las semillas y sarmientos presentaron las mejores características para ser utilizados como combustible, debido al su alto valor en el HHV (19,87 y 19,86 MJ/Kg) y menor contenido de humedad (32,70 y 26,08%). Además, se determinó que la energía potencialmente generada durante la combustión de los residuos de la producción de zumo, es significativamente superior a la consumida en el proceso térmico de la pasteurización del mismo.

Palabras clave: Sarmientos, escobajos, hollejos, semillas de la uva.

Abstract. The aim of this work is to analyze the chemical composition of crop waste and grape juice production by proximal analysis and correlations to obtain high heating value (HHV) and ultimate analysis, in order to establish their potential energy. It was found that the seeds and branches showed the best characteristics for they are used as fuel, due their high value of HHV (19.87 y 19,86 MJ/kg) and lower moisture content (32,70 y 26,08%). Furthermore, it was determined that the potentially energy generated during combustion of waste from juice production, is significantly major to the energy consumed in the thermal processing of juice pasteurization.

Key words: Brances, stalks, skins, grape seeds.

INTRODUCCIÓN

Los residuos generados por la producción y transformación de la uva son de interés debido a su potencial para ser empleados en los sectores agronómico, farmacéutico/cosmético y energético (Toscano *et al.*, 2013). En Colombia hay poca información en este tema y por tanto no se hace un aprovechamiento importante de estos residuos. La caracterización química de la biomasa puede indicar los posibles aprovechamientos de los residuos como materia prima para la producción de otros productos de mayor valor agregado (Spingo *et al.*, 2013). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es analizar la composición química de los residuos del cultivo y producción de zumo de uva, mediante análisis próximo y último, con la finalidad de utilizarlos como materia prima para la generación de energía.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Los residuos generados en el cultivo y procesamiento de la uva son sarmientos (St), escobajos (E), hollejos (Ho) y semillas (Sm). La empresa VitaVid (localizada en Ginebra, Valle) proporcionó 3 Kg de cada uno de estos residuos, los cuales se secaron a 60°C hasta peso constante y se molieron a un tamaño de partícula 1 mm. Las muestras molidas se caracterizaron por análisis próximo (*ASTM 3173-75*) y último. El HHV y el análisis último se determinó por medio de las siguientes correlaciones (Shen *et al.*, 2010): , , , donde *CF* es carbono fijo, *MV* materia volátil, *Cz* ceniza, *C* carbono, *H* hidrógeno y *O* oxígeno. El potencial energético se calculó multiplicando el HHV con los kg en base seca de cada uno de los residuos obtenidos a partir de 500 Kg de uva. La composición del racimo se estableció en 73 % pulpa, 3 % semillas, 19,5 % hollejos y 4,5 % escobajos

Tabla 1 Análisis próximo y último de los residuos del cultivo y la producción de zumo de uva

Muestra	% HM	% MV	% CZ	% CF	% C	% H	% O	HHV MJ/kg
Escobajos	72,02 ± 0,60	69,44 ± 0,04	5,99 ± 0,10	24,57	46,98	5,68	40,78	19,53
Hollejos	51,03 ± 2,71	82,40 ± 0,78	2,59 ± 0,05	15,01	47,19	5,86	43,69	18,21
Semillas	32,70 ± 0,31	75,97 ± 0,34	1,49 ± 0,01	22,54	49,12	5,9	43,26	19,87
Sarmientos	26,08 ± 0,02	74,00 ± 0,62	2,59 ± 0,00	23,41	48,66	5,85	42,61	19,86

(Toscano *et al.*, 2013). La cantidad de St se estimó teniendo en cuenta que su producción es de 3 ton/ha (Velázquez-Martí *et al.*, 2011) y que 500 Kg de uva son producidos en 416,8 m², aproximadamente. Los resultados obtenidos se compararon con la energía consumida durante la pasteurización térmica convencional del zumo, la cual es aproximadamente de 35 J/mL, según Kozempel *et al.*, (1998).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta el análisis próximo y último de los residuos del cultivo y procesamiento de la uva. En la tabla se observa que los E tienen el mayor contenido de humedad (HM), seguidos por los Ho, Sm y St. Estos resultados no son consistentes con los de la literatura (Jiménez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2011), donde el contenido de HM de las muestras es menor, exceptuando los Ho. Estas diferencias se deben a que en los otros estudios la obtención de la muestra no cumplió los mismos estándares de colección a las utilizadas en el presente estudio. Los Ho presentaron el mayor contenido de MV, mientras que los E muestran el mayor porcentaje de CF, seguido por los St y Sm. En general, se observa que los resultados obtenidos en el análisis último y de HHV son similares. Sin embargo, se espera que las Sm y St sean los residuos con mayor potencial para ser utilizados como combustible por su bajo contenido en HM y altos valores de HHV.

En la Tabla 2 se muestra el potencial energético de los residuos generados en 500 Kg de uva. Como se esperaba, los sarmientos generan la mayor cantidad de energía.

Tabla 2 Potencial energético de los residuos generados en 500 kg de uva

Residuo	kg generados en base seca	Energía potencialmente generada (MJ)	Energía consumida en pasteurización (MJ)
Escobajos	6,3	123,0	
Hollejos	47,7	869,5	
Semillas	10,1	200,6	
Sarmientos	92,4	1835,1	
Total	156,5	3028,1	12,6

Al comparar la energía potencialmente generada por la combustión de todos los residuos con el consumo energético de la pasteurización de 361,4L de zumo, se observa que la energía que se requiere para este tratamiento térmico del zumo es menor al 1% de la energía que se puede generar con los residuos de uva. Estos resultados muestran un potencial energético positivo de los residuos estudiados.

CONCLUSIÓN

Los St y Sm presentaron las mejores características para ser aprovechados energéticamente como combustibles en procesos termoquímicos (combustión, pirólisis y gasificación). Aunque los Ho mostraron el HHV más bajo, pueden hacer un aporte importante de energía en los procesos anteriormente mencionados, debido a que son los segundo residuos producido en mayor cantidad. Los residuos que genera la producción de zumo de uva podrían cubrir gran parte de la demanda energética que tiene este proceso. De esta manera el costo de producción de los zumos podría disminuir.

BIBLIOGRAFÍA

- Jiménez, L., V. Angulo., E. Ramos., M. Torre and J. Ferrer. 2006. Comparison of various pulping processes for producing pulp from vine shoots. *Industrial Crops and Products* 23: 122–130.
- Kozempel, M., A. McAloon and W. Yee. 1998. The cost of pasteurizing apple cider. *Food Technology* 52 (1): 50–52.
- Santos, L., D. Morais, N. Souza, S. Cottica, M. Boroski and J. Visentainer. 2011. Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International* 44: 1414–1418.
- Shen, J., S. Zhu., X. Liu., H. Zhang and J. Tan. 2010. The prediction of elemental composition of biomass based on proximate analysis. *Energy Conversion and Management* 51: 983–987.
- Spingo G., L. Maggi., D. Amendola., M. Dragoni and D. De Faveri. 2013. Influence of cultivar on the lignocellulosic fractionation of grape stalks. *Industrial Crops and Products* 46: 283–289.
- Toscano, G., G. Riva., D. Duca, E. Foppa Pedretti, F. Corinaldesi and G. Rossini. 2013. Analysis of the characteristics of the residues of the wine production chain finalized to their industrial and energy recovery. *Biomass and Bioenergy* 55: 260–267.
- Velázquez-Martí, V., E. Fernández-González., I. López-Cortés and D. M. Salazar-Hernández. 2011. Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean area. *Biomass and Bioenergy*. 35: 3453–3464.

Caracterización de los Hongos *Pleurotus ostreatus* Cultivados en Residuos Orgánicos Domésticos

Characterization of Pleurotus ostreatus Fungi Grown in Organic Waste Domestic

Luz S. García Álzate¹, Alba Lucia Duque C.², Leonardo Padilla S.³, Clara María Mejía Doria⁴.

¹ Química, Candidata a M.Sc. Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. legata.928@gmail.com

² Profesor asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. albdunque@uniquindio.edu.co

³ Profesor asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío; Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad del Tolima. leopadsa@yahoo.com.

⁴ Profesor asistente, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Grupo de Investigación Agroindustria de Frutas Tropicales, Universidad del Quindío. cmmejia@uniquindio.edu.co

Resumen. Los hongos del género *Pleurotus* son microorganismos utilizados para degradar desechos lignocelulósicos presentes en los residuos orgánicos. El objetivo de esta investigación fue caracterizar los hongos *Pleurotus ostreatus* producidos a partir de los residuos orgánicos domésticos. Los hongos fueron cultivados en sustratos de residuos orgánicos domésticos y se caracterizaron fisicoquímicamente y microbiológicamente. Los hongos presentaron en su caracterización fisicoquímica: 85,10%, 0,984, 0,36%, 6,73, 12,25%, 32,69ppm y 16,81ppm, para humedad, actividad de agua, acidez titulable, pH, proteína, sodio y calcio, respectivamente. En cuanto a mesófilos aerobios, el número de unidades formadoras de colonias fue alrededor de 2500 UFC/g. Los coliformes totales fueron inferiores a 23NMP/g y no se observó presencia de coliformes fecales en ninguno de los cuerpos fructíferos. Se demostró que los hongos *Pleurotus ostreatus* cultivados a partir de residuos orgánicos domésticos presentaron características similares a los producidos en sustratos de arveja, empleado como control.

Palabras clave: Producción de hongos, degradación, sustrato, cuerpo fructífero.

Abstract. The fungi of the genus *Pleurotus* are microorganisms used to degrade lignocellulosic wastes in organic waste. The objective of this research was to characterize the fungus *Pleurotus ostreatus* produced from organic household waste. Fungi were grown on substrates of organic household waste and characterized physicochemically and microbiologically. Fungi in their physicochemical characterization showed: 85.10%, 0.984, 0.36%, 6.73, 12.25%, 32.69ppm and 16.81ppm to moisture, water activity, acidity, pH, protein, sodium and calcium, respectively. As aerobic mesophilic, the number of colony forming units was about 2500 CFU/g. Total coliforms were lower 23NMP/g and no presence of fecal coliforms was observed in any of the fruiting bodies. It was shown that the fungus *Pleurotus ostreatus* grown from organic household waste presented similar characteristics to those produced in pea substrates, using like control material.

Key words: Mushroom production, degradation, substrate, fruiting body.

INTRODUCCIÓN

Los hongos género *Pleurotus* presentan mayor degradación de residuos orgánicos, debido a que secretan celulasa, hemicelulasa y producen enzimas que degradan la lignina (Martínez y Nava, 2003); reduciendo la acumulación de materia orgánica, que se origina como residuo de los cultivos agrícolas, disminuyendo la contaminación ambiental y protegiendo los recursos naturales (agua, suelo y aire) (Rodríguez y Gómez, 2001). El objeto de esta investigación fue caracterizar los hongos *Pleurotus ostreatus* producidos a partir de los residuos orgánicos domésticos, mediante la aplicación de métodos biotecnológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de los hongos *Pleurotus ostreatus* a partir de los residuos orgánicos. Se recolectó la basura de las viviendas seleccionadas de los estratos socioeconómicos (1 a 6) de la Ciudad de Armenia y se dividieron en tres subgrupos de muestras: A (1-2), B (3-4) y C (5-6), según García y Sánchez, (2010). Se seleccionaron los residuos orgánicos, los cuales contenían cáscaras de plátano, yuca, papa y frutas como papaya, mandarina, naranja, mango; y se prepararon cinco sustratos, A (1,2), B (3,4), C (5,6), D (mezcla en iguales cantidades de todos los residuos) y un sustrato control con cascarilla de arveja.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los hongos. La determinación del pH, actividad de agua, acidez titulable, humedad, ceniza, proteína, contenido de Mg, Na, Ca y

K, de acuerdo a las normas AOAC, TAPPI y NTC. El recuento de mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales, según Padilla, (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hongos *Pleurotus ostreatus* producidos en los sustratos de los residuos orgánicos domésticos (A, B, C y D) y del control (cascarilla de arveja), fueron caracterizados fisicoquímica y microbiológicamente, como se observa en las Tablas 1 y 2.

Se observa que el pH presentó mayor valor en el control 7,02, mientras que los hongos obtenidos a partir de los residuos orgánicos (A, B, C y D) presentaron valores entre 6,6 y 6,8; debido posiblemente al alto contenido de ácidos orgánicos por la degradación de los polisacáridos. Los °Brix variaron entre 2,77 y 4,04, siendo mayor (4,04) el contenido de éstos en los hongos de la mezcla (D), debido a la composición del sustrato. El porcentaje de acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido málico, con valores entre 0,34 y 0,39%, donde el control y la mezcla presentaron el mayor porcentaje de acidez. Estos valores difieren a los reportados por Ruiz *et al.*, (2010) y González *et al.*, (2011) en hongos *Pleurotus ostreatus* cultivados en vainas de arveja, que fueron más altos; debido posiblemente a las condiciones del cultivo. La actividad de agua (a_w), reportó valores entre 0,981-0,988 debido al alto contenido de agua en los hongos. El porcentaje de humedad, fue entre 84,0-86,0%; el incremento de actividad de agua y de humedad en C, fue debido posiblemente al contenido de

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los hongos *Pleurotus ostreatus*.

Variables	HONGOS				
	A	B	C	D	Control
pH	6.83	6.71	6.72	6.65	7.02
°Brix	3.43	3.59	3.87	4.04	2.77
Acidez titulable (%)	0.37	0.34	0.36	0.39	0.39
Actividad de agua	0.986	0.981	0.988	0.981	0.986
Humedad (%)	84.03	85.29	86.31	84.76	85.14
Cenizas (% bs)	2.19	3.01	5.31	3.43	2.06
Nitrógeno (% bs)	1.56	2.26	1.72	2.30	1.65
Proteína (% bs)	9.73	14.13	10.75	14.39	10.32
Na (ppm bs)	27.84	27.62	44.68	30.61	10.50
Ca (ppm bs)	9.60	25.91	12.49	19.24	2.79
K (ppm bs)	7.77	8.64	4.89	6.88	8.71
Mg (ppm bs)	17.92	17.81	18.00	17.86	16.58

%bs: Porcentaje en base seca.

Tabla 2. Caracterización microbiológica de los hongos *Pleurotus ostreatus*.

Variables	HONGOS (\pm D.S)				
	A	B	C	D	Control
Mesófilos aerobios (UFC/g) bh	4300 \pm 0.00	609 \pm 1.41	720 \pm 0.00	759 \pm 1.41	286.67 \pm 2.87
Coliformes totales (NMP/g) bh	34.33 \pm 9.81	0.00 \pm 0.00	23 \pm 0.00	23 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
Coliformes fecales (NMP/g) bh	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00

bh: base húmeda.

residuos y cáscaras de frutas ricas en agua, lo que permite conservar las características de frescura del cuerpo fructífero. Estos valores son similares a los reportados en la literatura, donde se encuentra que posee un alto contenido de humedad (87-93%) y una elevada actividad de agua (0,980-0,997). La humedad es importante para el desarrollo de los hongos tanto en el sustrato como en la atmósfera (aire), como lo explican Sánchez y Royse, (2002), encontrándose ésta entre 80 y 85% en el cobertizo de fructificación y de 50 a 75% para el sustrato (Fernández, 2004). El porcentaje de cenizas, arrojó valores superiores para los hongos producidos en el subgrupo C con un porcentaje de 5,31%; debido al alto contenido de material inorgánico. El porcentaje de nitrógeno en los hongos presentó un aumento en comparación con el porcentaje para los residuos orgánicos entre 0,5 y 0,7%; demostrándose que los hongos absorben nitrógeno del ambiente (López *et al.*, 2008). Para el porcentaje de proteína, se observó mayores valores en los hongos producidos en D y B (14,39 y 14,13%, respectivamente), concordante con el porcentaje de nitrógeno. El contenido de sodio y calcio presentes en los hongos control, reportaron valores inferiores (10,50 y 2,79%, respectivamente) en comparación con los hongos producidos a partir de los residuos orgánicos, los cuales oscilaron entre 27,62 y 44,68% para sodio y entre 9,60 y 25,91% para calcio; los demás minerales presentaron valores similares entre ellos; esto es debido a que los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados (López *et al.*, 2008).

En el análisis microbiológico realizado, los hongos obtenidos en el subgrupo A reportaron mayor número de unidades formadoras de colonias (UFC/g) en el recuento de mesófilos aerobios (4300 UFC/g) y mayor número más probable

(NMP/g) de coliformes totales (34,33 NMP/g); esto debido posiblemente a las condiciones del sustrato. En cuanto a los coliformes fecales, no hubo presencia de los mismos en los cuerpos fructíferos. Los valores obtenidos en el análisis microbiológico fueron menores en comparación con lo reportado por Toledo, (2008), donde los hongos producidos sobre sustratos de residuos de maíz y quinua arrojaron valores entre 63000 y 720000 UFC/g para mesófilos aerobios y valores entre 95 y 7500 NMP/g para coliformes totales.

CONCLUSIÓN

Las características fisicoquímicas y microbiológicas de los hongos *Pleurotus ostreatus* cultivados a partir de residuos orgánicos domésticos presentaron valores similares a los producidos en sustratos de arveja.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y a la Universidad del Quindío, por la financiación de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, F. 2004. Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus* spp.) Fingitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México. En: <http://setascultivadas.com/manualescultivo.html>. 82 p.; consulta: noviembre 2013.
- García, L. y L. Sánchez. 2010. Obtención de etanol a partir de la degradación de celulosa y fermentación del sustrato en desechos orgánicos domésticos en los estratos sociales 1-2, 3-4, 5-6, utilizando *Aspergillus niger* y *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de pregrado en Química. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Del Quindío. Colombia. 32 p.
- González, L., G. Giraldo y A. Duque. 2011. Periodo de cosecha

- y método de conservación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente EIDENAR. Universidad del Valle. Colombia. 10:117-125.
- López, C., R. Hernández, C. Suárez y M. Borrero. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Revista Universitas Scientiarum. Universidad Pontificia Javeriana. Colombia. 13(2):128-137.
- Martínez, D. y D. Nava. 2003. Programa estratégico para el desarrollo de la producción, transformación y comercialización de hongos comestibles en el estado de Tlaxcala. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y Fundación Produce Tlaxcala, A.C. México. En: <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit30.pdf>; consulta: noviembre 2013.
- Normas AOAC. Official methods of Analysis. 16th Edition. Association of official Analytical Chemists. USA. 1980.
- Normas NTC-ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. 1973, 1999, 2001, 2003.
- Normas TAPPI. Professional organization dedicated to the pulp and paper industries. USA. 1998.
- Padilla, L. 2006. Manual del laboratorio de microbiología. Programa de Química. Universidad del Quindío. Colombia. 39 p.
- Rodríguez, N. y Gómez, F. 2001. Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Centro Nacional de Investigación CENICAFE. 61 p.
- Ruiz, M., M. Cortés y L. Henríquez. 2010. Efecto de dos atmósferas de empaque en hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* L.) tratados mediante impregnación a vacío con una solución conservante. Revista Vitae. Universidad de Antioquia. Colombia. 17:11-19.
- Sánchez, J. y D. Royse. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Editorial Limusa, S.A. México.
- Toledo, M. 2008. Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Tesis pregrado Ingeniería en biotecnología ambiental. Facultad de Ciencias Químicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 71-73.

Viabilidad de la Obtención de Ácido Láctico a Partir de Naranja Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Fermentado con *Lactobacillus casei* ATCC 393.

Quantification of Lactic Acid Obtained by Lactobacillus casei ATCC 393 using Citrus sinensis (L.) Osbeck in Fermentation Process

Laura Milena Rivera García¹; Luisa Fernanda Rincón Herrera²; Henry Reyes Pineda³.

¹ Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Agroindustriales. lmriverag@uqvirtual.edu.co

² Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Agroindustriales. lfrincoh@uqvirtual.edu.co

³ Universidad del Quindío. Facultad de Ciencias Básicas y Humanas. hreyes@uniquindio.edu.co

Resumen. Este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de jugo de naranja valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) como sustrato para la obtención de ácido láctico en un proceso fisicoquímico con *Lactobacillus casei* ATCC 393, mediante un método de fermentación Batch, sin control de oxígeno, a temperaturas de 32, 37 y 42°C por 12 horas tomando muestras de 5 mL / h.. Se evaluó pH (pH metro) y azúcares reductores (DNS). Se presentó un aumento de pH, contrario a lo esperado dada la producción de ácido láctico, debido a sales amortiguadoras presentes en el caldo MRS y adaptación de la cepa; una disminución de azúcares reductores, evaluada a 32 y 42°C, siendo más evidente a las 12 horas de fermentación a 42°C, lo cual evidencia la producción de ácido láctico. Éste método puede aplicarse a otros sustratos y puede cuantificarse mediante cromatografía de líquidos (HPLC), con el fin de integrarlo a procesos de biopolimerización en la manufactura de bioempaques.

Palabras clave: Ácido láctico, *Lactobacillus casei*, fermentación Batch, azúcares reductores.

Abstract. This survey aims to evaluate the efficacy of the acid lactic obtained in physical and chemical process by *Lactobacillus casei* ATCC 393 using citrus *sinensis* (L.) Osbeck as substrate in fermentation, then it used Batch fermentation method and not oxygen controlled in 32°, 37° and 42°C temperature for 12 hours by sampling of 5 mL/h. We sampled pH and applied DNS method. The results show a pH increased, against expected due to the acid lactic produced. It is explained by buffer salts homogenized in MRS agar and adaptation of the strain; decreasing in reductive – sugar; it analyzed in 32° and 42°C. It was remarkable in 12 hours of fermentation in 42°C, showing production of lactic acid. This methodology can be applied for another substrate, being it probably quantified by liquid chromatography (HPLC) method in order focusing in biopolymer manufacturing.

Key words: lactic acid, *Lactobacillus casei*, fermentation Batch, reducing sugars.

INTRODUCCIÓN

El uso de polímeros de la petroquímica ha conllevado a un impacto ambiental. La utilización de materias primas agroindustriales propias de la región en conjunto con microorganismos fermentadores permiten a la industria obtener productos biodegradables como es el caso del PLA (ácido poliláctico) (Munilla y Carricedo, 2005). El ácido láctico se encuentra en dos formas ópticamente activas, isómero L(+) y D (-) (Panesar *et al.* (Citado por García *et al.*, 2010). Serna-Cock y Rodríguez de Stouvenel, (2005), muestran la polimerización del ácido láctico para empaques biodegradables en alimentos. En este trabajo se evaluó la eficacia de *L. casei* ATCC 393 como productor de ácido láctico en sustrato de jugo de naranja para su posible utilización en la producción de bioempaques.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizó *Citrus sinensis* por color, a_w , humedad, cenizas, acidez, °Brix, pH y azúcares reductores por DNS. El jugo se pasteurizó a 65°C x 30 min. Y simultáneamente se enfrió a 5°C (FAO, 2006). Posteriormente se realizó azúcares reductores. El jugo se hidrolizó por ultrasonido para obtener el material celular. La cepa ATCC 393 se reactivó en 5 mL de leche descremada a 37°C como medio de cultivo inicial. Se introdujo la pajilla durante 20 minutos, luego se traspasa a otro tubo con 5 ml de leche descremada. Esto se pasó a 250 mL de caldo MRS y se inocula a 37°C por 24 horas. Se sembró en agar MRS por duplicado e incubadas a 37°C durante 24 horas. Se realizó tinción de Gram. Se cuantifico la cepa por escala Mc. Farland expresadas en UFC/mL (Torres, 2010). El cultivo bacteriano se preparó según la metodología de Araya *et al.*, 2010. El cultivo madre se preparó con 1 mL del cultivo y enriquecido en 100 mL

Tabla 1. Composición fisicoquímica *Citrus Sinensis osbeck*.

Composición fisicoquímica <i>Citrus sinensis</i> Osbeck		
Componentes Principales	Reportes Bibliográficos	Reportes Experimentales
°Brix jugo	9,75	9,71
Acidez jugo	0,95-1,08%	0,92%
pH jugo	3,4	4,75
Azúcares Reductores jugo	3,84 g/100ml	2,53 g/100ml
aw pulpa	0,98	0,9733
Humedad pulpa	89%	87,92%
Cenizas pulpa	3,5 gr/100	7,85 gr/100

de caldo MRS por 24 horas a 37°C. El inóculo se preparó transfiriendo 1mL de cultivo madre en 250 mL de caldo MRS por 18 horas a 37°C. El sustrato se inoculó con 0,3% (v/v) del cultivo. Se utilizó el software *Infostat* con análisis de conglomerados en función de la distancia euclídea para el parámetro de color así como diagrama de puntos utilizando el error estándar como medida de variabilidad para parámetros de a_w , °Brix, humedad, cenizas y pH. Se evaluó la producción de ácido láctico para temperaturas de 32°C y 42°C utilizando gráficos de dispersión en EXCEL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Cambios en la concentración de azúcares reductores tras fermentación del jugo de naranja valencia con *Lactobacillus casei* ATCC 393.

Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Absorbancia	C(mg/mL)
5	32	0,20759	35,7446
	42	0,21007	36,2723
9	32	0,23455	40,4993
	42	0,26479	45,7216
12	32	0,18881	32,6016
	42	0,15325	26,4626

Los datos experimentales señalados en la Tabla 1 para el jugo y pulpa de naranja Valencia en contraste con los reportes bibliográficos, Hours *et al.*, 2005 se encuentran en el rango establecido, la diferencia, aunque significativa, radica en que en las especificaciones generales para la naranja Valencia no especifica para la subespecie Osbeck, sin embargo, en la evaluación de éstas matrices alimentarias se conoció

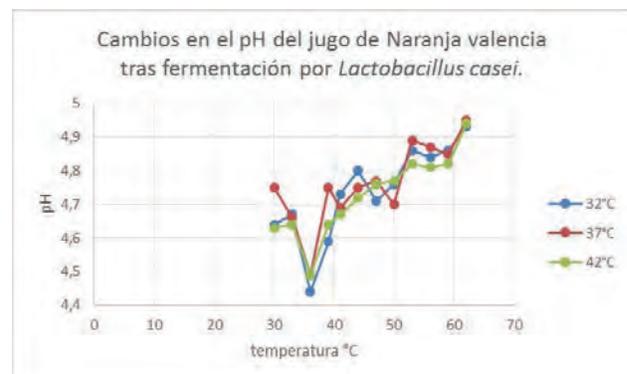


Figura 1. Cambios en el pH del jugo de Naranja valencia tras fermentación por *Lactobacillus casei*.

el estado fisicoquímico de la materia prima para iniciar el proceso fermentativo, asegurando condiciones ideales para la reproducción y metabolismo de la cepa *L. casei ATCC 393*. Una vez terminado el proceso de fermentación a las 12 horas (tiempo de no viabilidad de la cepa), a las muestras tomadas a las 5, 9 y 12 horas de fermentación (tabla 2) se les realizó un análisis por espectrofotometría. A las temperaturas de 32 y 42°C, se evidenció una disminución de pH y concentración de glucosa, relacionada con la producción de ácido láctico a las 12 horas como se muestra en la Figura 1.

CONCLUSIÓN

El proceso fermentativo, demuestra la obtención del ácido láctico en su forma racémica la cual no requiere otra técnica instrumental para ser identificada como la utilizada para este estudio, sin embargo, puede considerarse para futuras investigaciones la técnica de cromatografía de líquidos (HPLC). Además, el sustrato de la naranja valencia se considera apropiado para la obtención del ácido y posterior polimerización del mismo para obtener un biopolímero (PLA).

BIBLIOGRAFÍA

- Araya, C.C., *et al.*, 2010. Síntesis de ácido láctico a través de hidrólisis enzimática simultánea a la fermentación de un medio sobre desecho de piña (*Ananascomous*) para su uso como materia prima en la elaboración de ácido poliláctico. Revista iberoamericana de polímeros 11(7): 407-416.
- FAO. 2006. Fichas técnicas productos frescos y procesados. En: Jugo de Naranja. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pprocesados/fru18.htm. 4p.; consulta: septiembre 2013.
- García, C.A., *et al.*, 2010. Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Temas Agrarios 15(2): 9-26.
- Hours, R., M. Ferreyra, M. Schwab, L. Gerard, L. Zapata y C. Davies. 2005. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. Ciencia, docencia y tecnología.16 (31): 219-239.
- Munilla, M.H. y G.B. Carracedo. 2005. Ácido láctico y poliláctico: situación actual y tendencias ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal 39(1): 49-59.
- Serna, C.L. y S.A. Rodríguez. 2005. Producción Biotecnológica de ácido láctico. Ciencia y Tecnología Alimentaria 5(001): 54-65.
- Torres Bautista, Blanca Estela. 2010. Aplicación de la impedancimetría electroquímica para el seguimiento en tiempo real del crecimiento y actividad de bacterias con resistencia a compuestos mercuriales. Trabajo de grado Ingeniería Química Industrial. Universidad autónoma de Yucatán. Yucatán. 86 p.



SUSCRIPCIÓN

ISSN 0304-2847

Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín

Apartado Aéreo 568, Medellín, Colombia

Teléfono (** 4) 430 90 06

Fax: (** 4) 230 04 20

Correo electrónico: rfnagron_med@unal.edu.co

Nombre / Name:	
Documento de identidad / Identification document:	
Dirección / Address: Teléfono / Phone:	Ciudad / City:
Departamento / Department: Estado / State: Provincia:	Zona postal / Zip code:
País / Country:	Correo electrónico / E-mail:
Profesión: Profession:	
Institución / Employer:	
Dirección de envío / Mailing address:	

Forma de pago suscriptores nacionales

Pago en efectivo o cheque a nombre de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, o por consignación nacional en Bancolombia, cuenta 097-0369475-4, y envío posterior de copia de recibo y formato de suscripción al fax (** 4) 230 04 20

Valor para el año 2014: \$67.760 anuales / dos números

Methods of payment for foreign subscriptions

Postal money order or for bank transfer made out to name of Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, to the bank account No. 097-0369475-4, Bancolombia, and later shipment of receipt copy and subscription format to the fax (57+4) 230 04 20

Cost for the year 2014: US\$40 for Latin-America and the Caribbean; US\$60 for the USA and Canada; US\$80 for other regions and countries / two issues