

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y FRITURA EN DOS VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta Crantz*) EN LA PRODUCCIÓN DE CHIPS

## EVALUATING THE EFFECT OF OSMOTIC DEHYDRATION AND FRYING IN TWO VARIETIES CASSAVA (*Manihot esculenta Crantz*) IN THE PRODUCTION OF CHIPS

DORA VILLADA

*Facultad Ciencias Agrarias y del Ambiente. Universidad Francisco de Paula Santander, doclevica1@yahoo.com*

HECTOR VILLADA

*Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, villada@unicauca.edu.co*

ANDRES MOSQUERA

*Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, smosquera@unicauca.edu.co*

Recibido para revisar julio 14 de 2008, aceptado diciembre 15 de 2008, versión final febrero 2 de 2009

**RESUMEN:** Se estudió el efecto de la deshidratación osmótica (DO) y de la fritura en dos variedades de yuca en la producción de chips. Se analizaron los contenidos de humedad y de grasa en 10, 20 y 30 minutos de DO, 120, 140 y 160°C y 60, 90 y 120 segundos de fritura. Constantes: relación producto-solución (1:2), concentración de la solución (5% p/v) y espesor del chips (15 milímetros). Se evaluó sensorialmente el grado de aceptación con una escala hedónica de cinco puntos. Se utilizó un diseño factorial de parcelas divididas con bloques al azar y  $\alpha=5\%$ . La variedad Armenia fue excelente a 20 minutos de DO, 160°C y 120 segundos de fritura. Sensorialmente fue aceptado con 4.65% de humedad, 1.77% de grasa. Excelente masticabilidad, crujencia, sabor y color. Resultados que pueden ser de interés agroindustrial en la producción de chips de yuca.

**PALABRAS CLAVE:** Deshidratación osmótica, fritura, evaluación sensorial, yuca, agroindustria.

**ABSTRACT:** It evaluating the effect of osmotic dehydration (OD) and frying in two varieties of cassava in the production of chips. We analyzed moisture and fat content in 10, 20 and 30 minutes OD, 120, 140 and 160°C and 60, 90 and 120 seconds of frying. Constants: relationship-product solution (1:2), concentration of the solution (5%w/v) and thickness of chips (15 milimeters). We evaluated the degree of acceptance sensory with a five-point hedonic scale and was valued strength trigger. We used a split-plot factorial design with random blocks and  $\alpha=5\%$ . The variety Armenia was excellent 20 minutes of OD, 160°C and 120 seconds of frying. Sensory analysis was accepted with 4.65% moisture, 1.77% fat, strength trigger between 1.21-3.15N. Excellent chewing, crunch, flavor and color. Results that may be of interest in agroindustrial production of cassava chips.

**KEYWORDS:** Osmotic dehydration, frying, sensory evaluation, cassava, agroindustry.

### 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, alrededor del 20% de los alimentos consumidos son fritos, compuestos principalmente por chips (hojuelas) de papa, de plátano, productos de maíz y productos de piel de cerdo. Esta industria presenta un elevado crecimiento en el mercado mundial de productos

tipo snack (pasaboca), expandidos, extruidos y fritos como los chips (hojuelas) [1].

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*), es un alimento de gran aceptación a nivel mundial, además de la importancia socioeconómica que tiene y por considerarse, no sólo por ser uno de los componentes principales de la canasta familiar, sino que ha contribuido significativa-

mente en la generación de empleo y como fuente de materia prima en las industrias procesadoras de alimentos para consumo humano y animal, es un producto agrícola que es adecuado para la agroindustrialización y desarrollo de nuevos productos, por ser un cultivo de fácil adaptación a las condiciones climatológicas de muchas regiones [2]. Un gran problema que presentan muchas de las cosechas en el país, es la falta de tecnologías que permitan someter a procesos de transformación los productos hortofrutícolas para evitar las pérdidas [3].

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica que, aplicada a los productos hortofrutícolas, permite reducir el contenido de humedad e incrementar el contenido de sólidos solubles. En este proceso, el producto es puesto en contacto con una solución concentrada de alcohol, sales y/o azúcares, estableciéndose una doble transferencia de materia y agua desde el producto hacia la solución y, en sentido opuesto, solutos. En consecuencia, el producto pierde agua (pérdida de peso), gana sólidos solubles y reduce su volumen [4].

El freído es una operación unitaria destinada a modificar las características organolépticas del alimento, tiene un efecto conservador por destrucción térmica de los microorganismos y los efectos generados en el alimento y por reducción de la actividad de agua ( $a_w$ ) en la superficie del mismo [5]. Con el freído, los alimentos adquieren ciertas características de color, textura y aroma que son consecuencia de la reacción de Maillard y de la absorción por el alimento de compuestos volátiles presentes en él [6].

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación conjunta de las operaciones de deshidratación osmótica (DO) y fritura sobre el contenido de humedad y de grasa y el cambio organoléptico (masticabilidad, crujencia, sabor y color) de los chips de yuca.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

Las dos variedades de yuca empleadas (Armenia y Venezolana) fueron obtenidas en la Central de Abastos de Cúcuta (CENABASTOS). Se empleó

una solución salina al 5% p/v, compuesta por sal comercial (Marca REFISAL) y agua destilada.

La solución osmodeshidratante se preparó en recipientes plásticos previamente lavados y se agitó manualmente hasta su completa disolución.

Se utilizó aceite refinado 100% vegetal (Marca OLEOSANDER), que es una mezcla de oleína de palma y soya (50:50).

### 2.2 Métodos

**Adecuación de materia prima.** Tienen por objetivo eliminar la tierra y otras impurezas presentes. El pelado se realizó en forma manual empleando un cuchillo de acero inoxidable. El tajado se efectuó en una tajadora eléctrica (Marca Medoc, Española, Modelo G275) presionando la yuca contra el disco giratorio. Se ajustó el equipo previamente para obtener tajadas de  $15 \pm 0.2$  milímetros de espesor, posteriormente, se seleccionaron las tajadas con el propósito de mantener el espesor y un diámetro de  $45 \pm 5$  milímetros; las mediciones se controlaron empleando un pie de rey. Las tajadas fueron pesadas en la balanza digital (Marca Hana, Modelo KF-15KA) y empacadas en bolsas de polietileno de cierre hermético, calibre 2.5, hasta obtener 200 gramos de muestra.

**Deshidratación osmótica (DO).** Las muestras de tajadas de yuca de 200 gramos se sumergieron en soluciones osmóticas manteniendo la relación 1:2 (producto/solución), a temperatura ambiente y con agitación manual por períodos de tiempo de 10, 20 y 30 minutos. Finalizada la deshidratación osmótica, se retiraron las tajadas de la solución utilizando un colador plástico para escurrirlas por un tiempo de 5 minutos. Finalmente, se secaron con toallas de papel absorbente dispuestas en bandejas plásticas.

**Fritura.** Se mantuvo la relación másica producto/aceite 1:6 (tajadas/aceite). Se usó una estufa industrial (Marca Daza, Colombia). Las temperaturas empleadas en el proceso de fritura fueron 120, 140 y 160 °C, con intervalos de 60, 90 y 120 segundos, medidas con termómetro (escala de 0-300°C) y un cronómetro digital (Marca CASIO). Los chips fueron extraídos del baño de aceite y escurridos, empleando la canastilla de acero inoxidable. El aceite

remanente de la superficie de los chips se eliminó utilizando toallas de papel absorbente. Los chips freídos fueron empacados en bolsas de polietileno y rotulados según el tratamiento aplicado.

### 2.2.1 Análisis fisicoquímico

La valoración del contenido de humedad y de grasa [7] fue realizada en los laboratorios de la sede central de la Universidad Francisco de Paula Santander por triplicado.

### 2.2.2 Análisis sensorial

Los chips de yuca fueron sometidos a evaluación por veinte (20) jueces no entrenados, consumidores de productos tipo snacks, quienes emitieron concepto respecto de las propiedades sensoriales del producto (color y sabor), empleando pruebas afectivas para la medición del grado de satisfacción con escalas hedónicas verbales de cinco puntos. Se seleccionaron las muestras con mejor textura (masticabilidad y crujencia) y apariencia, menor cantidad de aceite remanente, necesarias para proporcionar un producto apto para el consumo [8].

Los jueces se dispusieron en grupos de 4 a 6 personas y evaluaron en orden aleatorio la totalidad de los tratamientos (24 en total) en sesiones, compuesta cada una por seis (6) tratamientos, con el propósito de evitar alteración en los resultados por saturación, hastío y/o fatiga en los evaluadores. Las muestras se presentaron codificadas con números al azar de tres (3) dígitos en recipientes plásticos. El orden de presentación de las muestras fue casualizado entre los probadores. Las pruebas se realizaron en horas lejanas a las comidas entre las 9 y 11 de la mañana y las 3 y 5 de la tarde, para no alterar las apreciaciones de los atributos sensoriales por parte de los jueces. La unidad experimental fue de  $\pm 3$  gramos (dos chips) por tratamiento. La evaluación sensorial se efectuó en un lugar fresco, con buena iluminación, sin distracciones, interrupciones o aromas extraños, que pudieran alterar su percepción, en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander de igual modo, se ofreció agua potable después de cada evaluación para eliminar los residuos del tratamiento anterior y/o neutralizar el sabor.

## 3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño factorial en parcelas divididas con unidades arregladas en bloques al azar, para establecer la relación entre los factores variedad (Armenia y Venezolana), temperatura de fritura (120, 140 y 160°C), tiempo de fritura (60, 90 y 120 segundos) y DO en tiempo de inmersión (10, 20 y 30 minutos). Para probar la hipótesis si existen diferencias significativas entre los niveles de los factores Temperatura, Variedad, Tiempo de Fritura e Inmersión y estimar los efectos de los factores de variación, se realizó análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias empleando la prueba de rango múltiple de Tukey [9] con  $\alpha=5\%$ . Se usó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), mediante el procedimiento general de modelos lineales; además, en aquellas pruebas en donde se requirió comprobar a qué efectos medios se debían las diferencias, se aplicó una prueba POSANOVA de diferencia significativa (Tukey).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 1 se muestran los valores de Anova obtenidos para las variables de respuesta.

**Tabla 1.** Anova para humedad y grasa  
**Table 1.** Humidity and fat Anova

Variable de respuesta	Humedad <sup>a</sup>	Grasa <sup>b</sup>
Factor e interacciones	Pv <sub>r</sub> > F	Pv <sub>r</sub> > F
Temperatura de Freído (TF)	0.0001c	0.0001c
Variedad de yuca (VY)	0.1800d	0.1516d
Tiempo de Freído (TFO)	0.0001c	0.0001c
Tiempo de Inmersión por deshidratación (TIOD)	0.0001c	0.2120d
TF*VY	0.0001c	0.0001c
TF*TFO	0.0001c	0.0001c
TF*TIOD	0.0001c	0.0051c
TFO*VY	0.0001c	0.0001c
TFO*TIOD	0.0001c	0.0001c
TIOD*VY	0.0001c	0.2000d
TF*VY*TFO	0.0001c	0.0001c
TF*VY*TIOD	0.0001c	0.0001c
TFO*VY*TIOD	0.0001c	0.2016d
TFO*TF*TIOD	0.0001c	0.0001c
TF*VY*TFO*TIOD	0.0001c	0.0001c

a. Coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>): 99.8%; coeficiente de variación (CV): 4%; Humedad promedio: 14%

b. Coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>): 99%; coeficiente de variación (CV): 3%; Grasa promedio: 1.5%

c. Significativo para Pr < 0.05.

d. No significativo para Pr > 0.05.

Los resultados de la Anova de la Tabla 1 con respecto a las variables de respuesta, indican la existencia de diferencias significativas de cuarto orden de interacción entre los componentes del modelo con un ( $P_{v_r} < 0.05$ ), por consiguiente, la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza y se acepta la alterna ( $H_a$ ). Se usó la prueba de Tukey para analizar las diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ), arrojando un  $P_{v_r} < 0.0015$  entre los niveles del factor Temperatura de Freído (TF) y Tiempo de Freído (TFO), así como en el factor Tiempo de Inmersión por Deshidratación (TIOD) y Variedad de yuca (VY) que también incidieron en el nivel de significancia con un  $P_{v_r} < 0.023$ .

#### 4.1 Contenido de Humedad

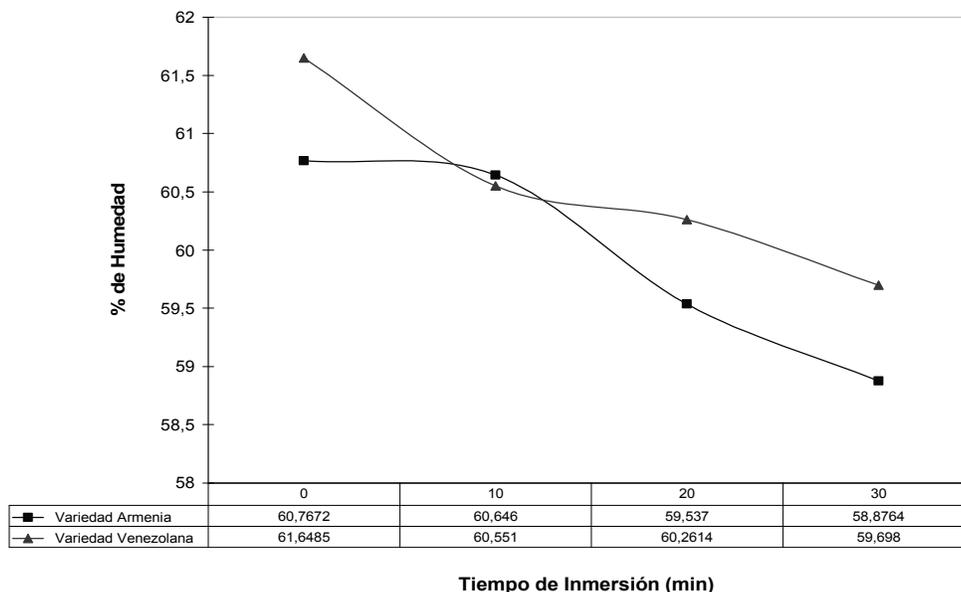
En la figura 1 se puede apreciar una relación directamente proporcional entre el tiempo de deshidratación osmótica y la reducción en el contenido de humedad de las tajadas, demostrándose que a tiempos mayores de inmersión el producto pierde más agua.

Dado que la salida del agua se realiza a través de la membrana, la única forma de alcanzar el equilibrio de las soluciones contenidas dentro de las células (citoplasma y vacuolas) es su movimiento hasta que la concentración de solutos dentro de las mismas sea igual a la de la solución osmótica.

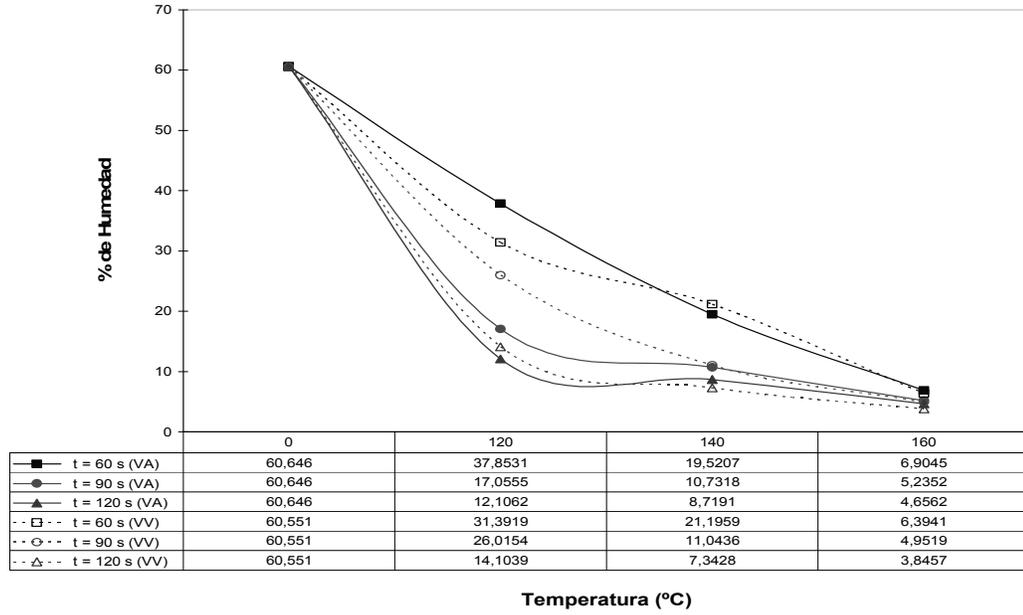
Por otra parte, la inclusión de solutos osmóticos es un proceso extracelular, por lo que su transporte es difusivo y se realiza principalmente en los espacios intercelulares y en los espacios celulares que se generan por la disminución de volumen de las células al deshidratarse [10]. Finalmente, al analizar la tendencia de las curvas, se puede decir que las condiciones de operación del proceso de deshidratación osmótica determinan la posición de los puntos de inflexión, siendo éstos mayores a mayores tiempos de inmersión.

Del mismo modo se puede observar en las figuras 2, 3 y 4 que, una vez sometidas las tajadas de yuca osmodeshidratadas al proceso de fritura, éstas continúan perdiendo agua, siendo significativo con un tiempo de 30 minutos DO y una temperatura de freído de  $160^{\circ}\text{C}$ , los resultados finales obtenidos para el contenido de humedad fueron de 3.8% para la variedad Armenia (VA) y 4.5% para la variedad Venezolana (VV) respecto a la muestra inicial que fueron de 60.8% y 61.7% respectivamente.

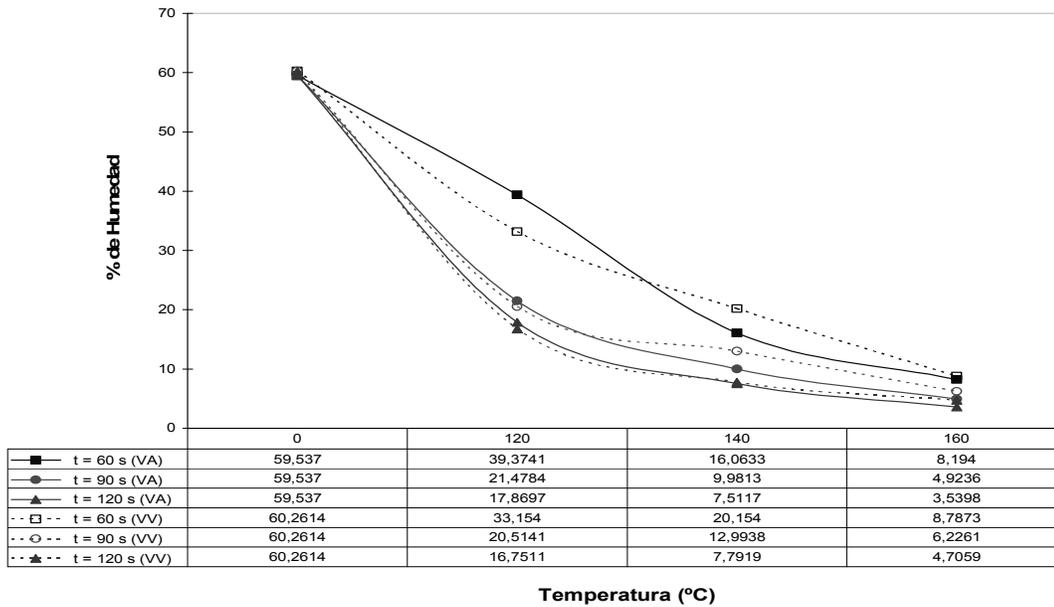
Es importante mencionar que durante las frituras, disminuyó la humedad del alimento por desplazamiento del agua que se evaporó, lo cual pudo incrementar la concentración de almidón resistente al proceso de gelatinización que sufre al interior de las tajadas [11].



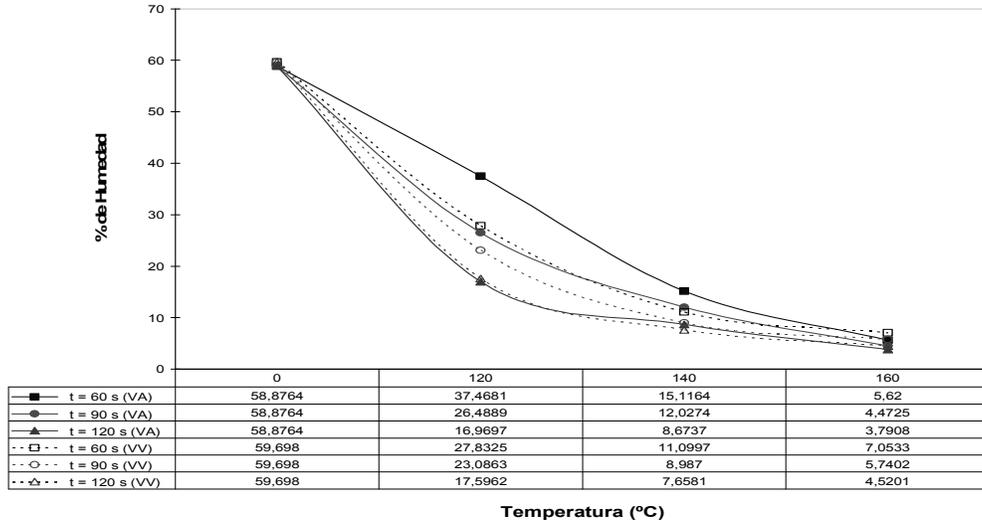
**Figura 1.** Contenido de humedad v.s. tiempo de inmersión (minutos) en el proceso de DO  
**Figure 1.** Humidity content (%) v.s. immersion time (minutes) in DO process



**Figura 2.** Contenido de humedad (%) vs. temperatura de fritura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para 10 minutos de DO  
**Figure 2.** Humidity content (%) v.s. fried temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) for 10 minutes of DO



**Figura 3.** Contenido de humedad (%) vs. temperatura de fritura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para 20 minutos de DO  
**Figure 3.** Humidity content (%) v.s. fried temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) for 20 minutes of DO



**Figura 4.** Contenido de humedad (%) vs. temperatura de fritura ( $^{\circ}$ C) para 30 minutos de DO  
**Figure 4.** Humidity content (%) vs. fried temperature ( $^{\circ}$ C) for 30 minutes of DO

El espacio libre que deja el agua es ocupado por el aceite. La cantidad de aceite absorbido por un alimento depende, en gran medida, de su humedad, porosidad y superficie expuesta al aceite de fritura [12].

## 4.2 Contenido de Grasa

A  $160^{\circ}$ C y 120 segundos de freído se favoreció la remoción de humedad y la absorción de grasa en los chips de yuca, para las tajadas de yuca con 30 minutos de osmodeshidratación. El porcentaje de grasa estuvo en 18 y 19% para las variedades Armenia y Venezolana respectivamente. Investigadores han señalado valores entre 15-19% para hojuelas fritas de papas y plátano verde [13]. Algunos alimentos pueden llegar absorber grandes cantidades de aceite, alcanzando a menudo el 40% del peso total [12].

La figura 5, muestra la influencia de la temperatura y el tiempo de fritura sobre la absorción de grasa de los chips, a diferente tiempo de deshidratación osmótica para las variedades Armenia (VA) y Venezolana (VV).

En general, los chips de yuca mostraron cambios característicos proporcionados por la fritura. En su superficie se formó una costra o envoltura,

azúcares por la acción del calor y el pardeamiento no enzimático y la caramelización (reacción de Maillard) [14].

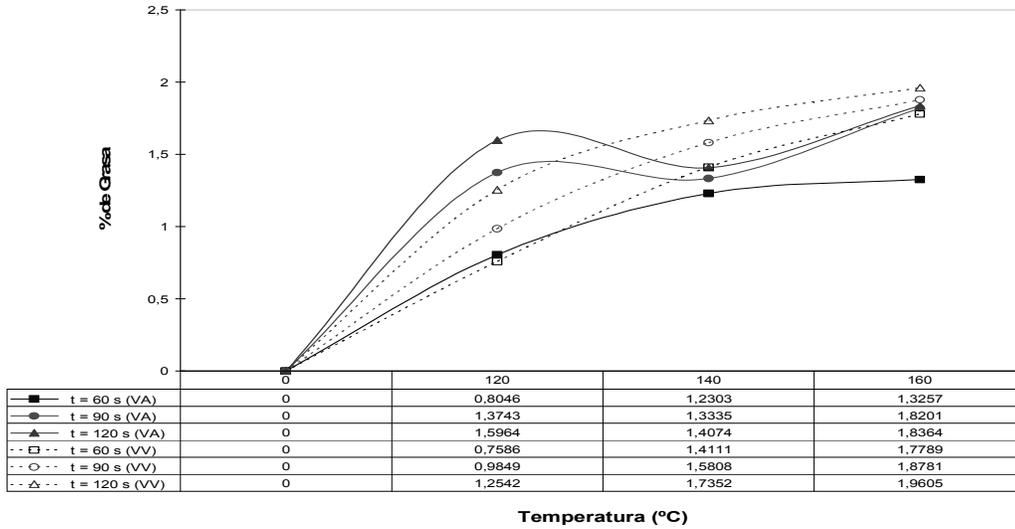
## 4.3 Análisis Sensorial

**Color.** Los resultados obtenidos a partir de la evaluación sensorial mostraron que los chips de yuca, se sitúan en un punto intermedio entre la valoración “me es indiferente” y la valoración “me gusta un poco”, al encontrarse una media general de 3.5 para los veinticuatro (24) tratamientos, sobre cinco (5) que es la máxima calificación (me gusta mucho).

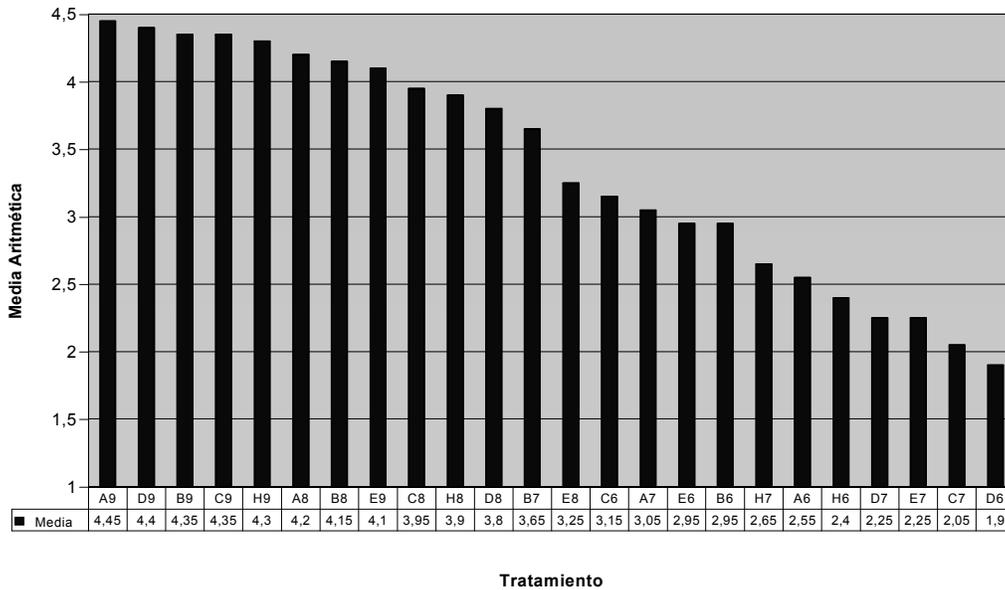
Se marcó una mayor aceptabilidad al tratamiento realizado con la variedad Armenia con 20 minutos de DO, 120 segundos y  $160^{\circ}$ C fritura, con un valor promedio de calificación de 4.6/5, equivalente a un 92% de aceptabilidad.

**Sabor.** Los resultados mostraron que los chips de yuca son, en esencia, un producto indiferente para los consumidores, al encontrarse una media general de 3.37 ( $\approx$ 3), correspondiente a la percepción “me es indiferente” (ver figura 6), sobre cinco (5) que es la máxima calificación (me gusta mucho).

El tratamiento que se realizó a la variedad Armenia bajo las condiciones de 20 minutos de



**Figura 5.** Contenido de grasa (%) vs. temperatura de fritura (°C) para 30 minutos de DO  
**Figure 5.** Fat content (%) vs. fried temperature (°C) for 30 minutes of DO



**Figura 6.** Calificación promedio asignada a cada tratamiento en la evaluación del sabor  
**Figure 6.** Average qualification assigned to each treatment in the flavor evaluation

osmodeshidratación, 120 segundos y 160 °C de fritura, al igual que lo ocurrido en la evaluación del color, recibió la mejor calificación por parte de los jueces, con la obtención de una media general de 4.45/5, situándola en la calificación “me gusta mucho” con un porcentaje de aceptación del 89%.

### 5. CONCLUSIONES

El contenido de humedad de los chips (de ambas variedades) descendió proporcionalmente en función del aumento de la temperatura y del tiempo de fritura. Los porcentajes más bajos de humedad se reportaron en el momento en que los

chips fueron sometidos a temperatura de 160 °C y 120 segundos de fritura con 30 minutos de deshidratación osmótica con 5% p/v de concentración salina.

Los chips de yuca fueron acogidos como un producto novedoso dentro de los productos fritos por parte de los jurados o panelistas que realizaron la evaluación sensorial. Además, la variedad Armenia o chirosa fue la que tuvo una mayor aceptación por características como el color, sabor y textura (masticabilidad y crujencia).

## REFERENCIAS

- [1] ORTIZ, RUTH. Aptitud de fritura de raíces y tubérculos promisorios. CIAT. Available: <http://www.pronatta/proyectos/pdf/981411033fri.doc> [citado 9 de febrero de 2007].
- [2] ROSSES, M. Consultoría de canales y márgenes de comercialización de la yuca. Available: [http://www.magfor.gob.ni/servicios/de-scargas/Estudios\\_Mercado/Canales\\_Margenes\\_Yuca.pdf](http://www.magfor.gob.ni/servicios/de-scargas/Estudios_Mercado/Canales_Margenes_Yuca.pdf) [citado 4 de abril de 2008].
- [3] FAO. Perspectivas alimentarias. Available: <http://apps.fao.org/> [citado 6 de junio de 2005].
- [4] SPIAZZI, A. y MASCHERONI, H, Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales, CIDCA , La Plata (Argentina), 2001.
- [5] FELLOWS, P., Tecnología del procesado de alimentos: principios y prácticas, Editorial Acribia, Zaragoza (España), 1994.
- [6] ROSSELL, J. B. Industrial frying process, *Fatt and oil.*, 49, 282-295, 1998.
- [7] LEES, R., *Análisis de los alimentos: métodos analíticos y de control de calidad*, Editorial Acribia, Zaragoza (España), 1982.
- [8] ROSENTHAL, A., *Textura de los alimentos: medida y percepción*, Editorial Acribia, Zaragoza (España), 2001.
- [9] BARÓN, L. F. Bioestadística: métodos y aplicaciones. Available: <http://www.bioestadística.uma.es/libro/node156.htm> [citado 9 septiembre de 2005].
- [10] MARCOTTE, M. AND LE. M. Mass transfer in cellular tissues. Part II. Computer simulations vs experimental, *J. Food Eng.*, 17, 177-199, 1992.
- [11] MALDONADO, P. y PACHECO, D. E. Elaboración de una mezcla de harina de trigo y de plátano verde, *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 4, 387-393, 2000.
- [12] BERRY, S., SEHGAL, A. AND KALRA, C. Comparative oil uptake by potato chips during frying under different conditions, *J. Food Sci. Technol.*, 36, 519-521, 1999.
- [13] PACHECO, D, E. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*), *Rev. Fac. Agron.*, 28, 175-183, 2002.
- [14] OYELADE, O. J., TUNDE-AKINTUNDE, T. Y. AND IGBEKA, J. C. Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata, Poir*) flour and hysteresis under storage, *J. Food Engin.*, 87, 229–235, 2008.