

Efecto de la dinámica de tostado sobre las propiedades del licor de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum.)

Roasting dynamics effect on the properties of copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum.) liquor

Jenifer Criollo-Nuñez ¹, Angelica-Piedad Sandoval-Aldana ², John-Jairo Méndez-Arteaga ³.

¹Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria Agrosavia, Colombia ✉ jcriollo@agrosavia.co

²Universidad del Tolima Ibagué, Colombia ✉ apsandovala@ut.edu.co

³Universidad del Tolima Ibagué, Colombia ✉ jmendez@ut.edu.co

Rec.: 2020-05-23 Acep.: 2020-09-10

Resumen

En un trabajo conjunto entre la Universidad del Tolima y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) en el Centro de Nataima, Colombia, se generaron curvas de tuestión de almendras de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) evaluando el efecto del tiempo (20 y 25 minutos) y la temperatura (°C) (115, 120 y 130) sobre las características químicas y sensoriales del licor, catalogado como fino, y del aroma por poseer notas frutales en su perfil sensorial. De igual forma, se determinaron los índices de calidad de la grasa del fruto. Se encontró que, a 130 °C durante 25 minutos se generaron variaciones significativas ($P < 0.05$) en parámetros químicos como contenido de azúcares totales, proteína y grasa, los que decrecieron 62.7, 47.99 y 40.7%, respectivamente, en comparación con los mismos parámetros encontrados en el tratamiento control sin horneado. Los tratamientos evaluados mostraron que las almendras de copoazú son sensibles a altas temperaturas, presentando defectos sensoriales como aroma quemado en almendras tostadas a 130 °C y 120 °C. Las almendras tostadas a 115 °C presentaron aromas característicos a frutal, floral, nuez y dulce. El mejor tratamiento para almendras de copoazú fue de 115 °C por 25 minutos, logrando con él la mejor expresión sensorial y las menores pérdidas de macronutrientes de la pasta, sin efecto negativo sobre la calidad de la grasa.

Palabras clave: Índice de acidez; Pasta de copoazú; Peróxidos; Propiedades sensoriales; Propiedades fisicoquímicas.

Abstract

In a joint work between Universidad del Tolima and Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) in Nataima, Colombia, toasting curves of Copoazú almonds (*Theobroma grandiflorum*) were generated in which the effect of time (20 and 25 minutes) and temperature (°C) (115, 120 and 130) on the chemical and sensory characteristics of the liquor, classified as fine, and on the aroma due to its fruity notes in its sensory profile, were assessed. Quality index of the fruit fat were determined. It was found that, at 130 °C for 25 minutes, significant variations ($P < 0.05$) were generated in chemical parameters such as total sugar, protein and fat content, which decreased 62.7, 47.99 and 40.7%, respectively, compared to the same parameters found in the control treatment without baking. Treatments showed that copoazú almonds are sensitive to high temperatures, presenting sensory defects such as burnt aroma in roasted almonds at 130 °C and 120 °C. The almonds roasted at 115 °C presented characteristic aromas of fruity, floral, nutty and sweet. The best treatment for copoazú almonds was 115 °C for 25 minutes, achieving with it the best sensory expression and the lowest loss of macronutrients from the paste, without negative effect on the quality of the fat.

Key words: Acidity index; Copoazú paste; Peroxides; Physicochemical properties; Sensory properties

Introducción

El copoazú, *Theobroma grandiflorum*, es un tipo de cacao originario de la Amazonía (Ramos et al., 2020); apreciado por sus características sensoriales (Araujo-Neto et al., 2015) y calidad de su grasa, que es utilizado como sustituto de la grasa de cacao (*Theobroma cacao*) en alimentos y productos cosméticos (Oliveira y Genovese, 2013). Su semilla, luego de un proceso de fermentación, secado, tostado y molienda provee una pasta o licor suave de agradable aroma y sabor (Criollo et al., 2010), conocido como ‘cupulate’ (Melgarejo et al., 2006).

El tostado es una operación de horneado en la que se expresan los precursores de aroma y sabor formados en la fermentación y el secado (Maceda-Trigoso y Dea-Cahuana, 2019). La temperatura y tiempo de este proceso determinan propiedades del grano tales como la concentración de sustancias volátiles, compuestos de sabor, acidez total y contenido de grasa; siendo estas las características de mayor importancia (Demir et al., 2002). La química de los complejos poliméricos promueve interacciones que influyen en las propiedades fisicoquímicas del grano y generan descenso en el contenido de carbohidratos reductores durante el proceso (Domínguez et al., 2019), favoreciendo, de esta forma, la interacción entre los polisacáridos, las proteínas, los polifenoles y los productos de la reacción de Maillard. Lo anterior conduce a la redistribución y posterior formación de complejos no solubles. Los precursores de aroma y sabor en los granos de cacao (*Theobroma cacao*) involucran aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores que confieren el aroma del fruto gracias a las reacciones específicas tipo Maillard, produciendo sustancias como alcoholes, éteres, furanos, tiazoles, pironas, ácidos, ésteres, aldehídos, aminas, oxazoles, pirazinas y pirroles, entre otros, que han sido reportadas como responsables de la formación de estos atributos sensoriales (Otárola-Gamarra, 2018). De acuerdo con Lee et al. (2001) la dinámica de formación de pigmentos en el proceso de tostado depende del gradiente de temperatura, así, se ha encontrado que la máxima concentración de pigmentos marrones se alcanza a 134 °C y disminuye gradualmente con el incremento de la temperatura.

Las curvas de tostado son una herramienta importante para garantizar la generación de los aromas. Estas reflejan el comportamiento de la temperatura en el tiempo durante el proceso, confirmando, de acuerdo a su pendiente, variación en cuerpo, dulzura o suavidad en el producto final. Autores como Pimenta et al.

(2009) consideran que en granos de café (*Coffea* spp.) temperaturas altas y tiempos prolongados, generan sabor dulce, baja acidez y buen cuerpo tipo expreso, en el caso opuesto a las altas temperaturas y menores tiempos se generan alta acidez propia de cafés tipo filtrados.

Aunque los productos formados durante el proceso de tostado (horneado) son altamente influenciados por el perfil de la combinación temperatura-tiempo, las reacciones que producen cientos de compuestos aún no han sido completamente explicadas.

Durante este proceso el grano es sometido a temperaturas y tiempos que influyen directamente sobre las propiedades sensoriales, por lo que es necesario identificar los efectos positivos y negativos en la composición fisicoquímica y atributos sensoriales de la pasta de copoazú y de esta forma, establecer los parámetros de tiempo y temperatura que generen la mejor calidad en el producto terminado.

Cohen, Luccas, Sousa, y Jackix (2003) siguieron el proceso de transformación del copoazú y el cacao, encontrando la temperatura de 150 °C como ideal en el caso de semillas de copoazú, sugiriendo que las condiciones de tiempo se establecen en función de las características del sabor deseado, el origen, la humedad y el beneficio previo al tostado. Los estudios de tostado por convección en estufa sugieren como parámetros 14 min a 140 °C (Hernández y Calderón, 2006) y 130 °C por 20 min (Cajo-Pinche y Díaz-Viteri, 2017) como ideales para este tratamiento en semillas de Copoazú. Galeano, Cuellar y Schinella (2012) encontraron pérdidas entre 39 y 45% en los contenidos de polifenoles y la capacidad antioxidante del Copoazú durante el proceso de tostado.

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto del proceso de tostado (horneado) en las propiedades de licor de copoazú, a partir de parámetros conocidos en almendras del fruto, que permitan generar productos semielaborados utilizando materias primas no tradicionales, las cuales se proyectan como una oportunidad para las industrias regionales en la Amazonía colombiana.

Materiales y métodos

Procedencia, estado y caracterización de frutos

Los frutos fueron recolectados en la vereda Agua Dulce, en el municipio de Belén de los Andaquíes, Caquetá, Colombia, a 280 m.s.n.m., temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa de 87.2 %,

con precipitación anual de 3650 mm. La colecta fue manejada bajo los lineamientos señalados en la resolución 1466 del 03 de diciembre de 2014. Los frutos al momento de la cosecha se encontraban en estado óptimo de madurez, luego de que el pedúnculo se desprendiera naturalmente del fruto.

La investigación se desarrolló en la planta de transformación agroindustrial y Laboratorio de Ciencias Agroalimentarias en el Centro de Investigación Agrosavia, seccional Nataima, Ibagué (Colombia) y en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad del Tolima.

Los frutos, una vez cosechados, fueron lavados, desinfectados y partidos, separando la cáscara de la semilla y la pulpa en forma manual. Para los análisis de laboratorio se tomaron 800 g de pulpa y semilla, que fueron fermentadas en recipientes plásticos con capacidad para 750 ml bajo condiciones controladas de temperatura, en una incubadora Gallenkamp®, durante 4 días. A continuación, fueron sometidas a 35 °C durante 48 h y 45 °C durante las 48 horas siguientes, simulando el perfil de temperatura la fermentación (Tabla 1). Posteriormente, las almendras fueron secadas al sol en una marquesina enmallada con monitoreo del descenso de la humedad hasta alcanzar un valor de 7%.

Proceso de tostado

Este proceso fue realizado en un equipo giratorio Quantik JD-2000 con sistema mixto de transferencia de calor por conducción y convección, con capacidad para 2000 g de muestra seca y velocidad de rotación de 70 r.p.m., con panel de control para monitorear la dinámica térmica del tambor y permitir la generación de las curvas de tostado. Se tostaron 1500 g de almendra fermentada y seca, con contenidos de humedad aproximados de 7%. El sistema fue sometido a precalentamiento, elevando la temperatura del tostador a 140 °C. A partir de este punto, y de acuerdo con resultados en pruebas preliminares, se evaluaron los efectos de las temperaturas (°C): 115, 120 y 130 y el tiempo total de exposición (20 y 25 min). En esta etapa se

utilizó un arreglo factorial 3 x 2, que consistió en tres temperaturas y dos tiempos de tostado, con tres replicaciones más un testigo de almendras de copoazú fermentadas y secas.

Análisis físicoquímico y sensorial del licor de copoazú

Los nibs o trozos de almendra de copoazú libres de cascarilla fueron pasados por un molino de cuchillas marca IKA, hasta obtener una pasta o licor con tamaño de partícula de 70 micras (micrómetro digital Mitutoyo). La pasta en los diferentes tratamientos fue analizada por triplicado para pH, acidez total, humedad, porcentaje de grasa y proteína (Gómez y Morales, 2010). El contenido de carbohidratos totales se determinó por el método fenol-sulfúrico o método Dubois, tomando una alícuota de 1 ml de solución de copoazú a la que se adicionó 0.5 ml de solución de fenol al 5% y 2.5 ml de ácido sulfúrico, sometiendo a baño maría por 15 min y midiendo la absorbancia a 490 nm (López-Legarda et al., 2017). La evaluación sensorial fue realizada mediante un análisis descriptivo cuantitativo de perfil de sabor. Las muestras fueron evaluadas por triplicado por siete jueces entrenados, en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de Agrosavia, utilizando una escala de intensidad de 10 (donde 0 expresa ausencia y 10 presencia muy pronunciada). Para establecer el perfil de sabor en cada tratamiento se incluyeron, gustos básicos como amargo, astringente y ácido, y gustos adquiridos presentes en la pasta de copoazú; además de aromas característicos como cacao, panela malta, nuez, frutal y floral (Espinosa-Manfugás, 2007).

Análisis de calidad en grasa

Las muestras de almendra seca fueron trituradas para extraer la grasa mediante el método Soxhlet usando como solvente bencina de petróleo, en un sistema de recirculación que arrastró la grasa de la muestra, posteriormente el solvente fue evaporado, siguiendo el método de la AOAC 31.4.02 (AOAC, 2005). La grasa fue caracterizada siguiendo los métodos de la AOAC en relación con el índice de peróxidos adicionando a la muestra 0.5 ml de solución saturada de Yoduro de Potasio (KI), 30 ml de agua destilada y 1 ml de solución de almidón al 1% como indicador; se valoró con el Tiosulfato de Sodio a 0.002 N hasta la reducción del color violeta (AOAC, 965.33), Índice de yodo estimando los gramos de yodo absorbidos por cada 100 gramos de aceite, mediante la adición de Solución de Wijs; cloroformo; yoduro de potasio al 15% (KI); Solución de almidón al 1%, valorando con tiosulfato de sodio al 0.1 N (AOAC, 920.159), índice de acidez cuantificando los miligramos de

Tabla 1. Tratamientos y disposición en arreglo factorial 3 x 2.

Tratamiento (No.)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min.)
1	130	25
2	130	20
3	120	20
4	120	25
5	115	20
6	115	25

hidróxido de potasio KOH necesarios para saturar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de aceite (AOAC, 940.28), índice de saponificación midiendo los miligramos de KOH requeridos para saponificar un gramo de aceite (AOAC, 920.760), por triplicado para determinar la calidad de la grasa (AOAC, 2005).

Análisis de datos

Los datos resultantes en el proceso de tostado fueron analizados por test de comparación entre medias (ANOVA) con un nivel de confianza de 95%. Para los resultados de la evaluación sensorial se aplicó análisis de varianza y comparación de medias, empleando la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95%. Utilizando el software estadístico Statgraphics centurión XV, versión 15.1.02.

Resultados y discusión

Dinámica del proceso y efectos en las propiedades fisicoquímicas del licor de copozú

Las curvas del proceso de tostado aparecen en la Figura 1, donde se observa que las muestras contenían porcentajes de humedad próximos

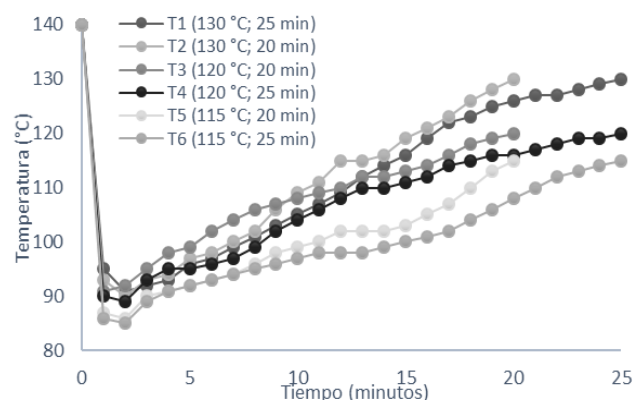


Figura 1. Curvas de Tostado (horneado) de almendra de Copozú a diferentes tiempos y temperaturas de proceso. Universidad del Tolima y Agrosavia, Colombia.

a 7%. Este parámetro es determinante en el descenso de la temperatura durante la fase de equilibrio térmico, como se observa para los tratamientos 5 y 6, donde las temperaturas fueron menores y los porcentajes de humedad superiores a los demás tratamientos, lo que demanda mayor transferencia térmica para alcanzar el equilibrio del sistema por efectos de convección de calor.

Luego del equilibrio, la temperatura del sistema presentó un comportamiento ascendente. Cuando la temperatura interna del grano superó 100 °C se generaron cambios en el color, presentando un ligero oscurecimiento debido a la vaporización del agua; esta etapa se clasifica como fase de deshidratación. Aunque la transferencia de calor durante el tostado puede implicar conducción, convección y radiación, la convección es el modo más importante de transferencia de calor y determina la celeridad y uniformidad del proceso de tostado (Yeretian et al., 2002). El tostado ocasiona pérdida de materia en forma de dióxido de carbono, vapor de agua y compuestos volátiles, lo que genera degradación de los polisacáridos, azúcares y aminoácidos dando lugar a la caramelización y productos de condensación (Krysiak, 2011; Yeretzian et al., 2002).

El análisis fisicoquímico del licor de copozú mostró porcentajes más altos de acidez (12.8 y 12.18 meq NaOH/100 g) en los tratamientos de 115 °C por 20 y 25 min, respectivamente (Tabla 2), valores inferiores al máximo obtenido por Cohen y Jackix, (2005) quienes caracterizaron tres pastas de copozú y encontraron un valor promedio de 17.14 meq NaOH/100 g. Por otra parte, López (1983) sugiere que el rango ideal de NaOH para almendra se encuentra entre 12 y 15 meq/100 g, similar a lo reportado por Stevenson et al. (1993) en su manual para análisis del cacao, donde registra 15 meq de NaOH/100 g como valor máximo de acidez admisible para la pasta de este fruto. Los valores de pH del licor no mostraron diferencias ($P > 0.05$) y fueron más bajos en los tratamientos de menor tiempo y temperatura, lo

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de la pasta de Copozú a diferentes tiempos y temperaturas de proceso. Universidad del Tolima y Agrosavia, Colombia.

Tratamiento	Acidez (meq NaOH/100 g)	pH	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	CHO's totales (azúcar, mg/g)
Control	6.86±0.13a*	6.74±0.26b	5.72±0.16c	59.53±0.09c	15.34±0.23c	73.90±0.23c
1	7.00±0.10b	5.32±0.09b	1.76±0.10a	35.29±0.93a	8.39±0.16a	28.01±0.12a
2	7.24±0.13b	5.5±0.07b	2.39±0.22b	35.84±0.41a	8.83±0.06a	27.53±0.04a
3	8.08±0.05b	5.55±0.02b	2.64±0.13b	41.19±0.19b	12.15±0.43b	53.47±0.04b
4	7.93±0.06b	5.73±0.03b	1.76±0.13a	45.29±0.03b	9.26±0.08ab	47.40±0.01b
5	12.80±0.07c	5.1±1.70b	1.76±0.12a	56.96±0.10c	12.76±0.15b	61.21±0.03bc
6	12.18±0.10c	5.09±1.69b	1.82±0.01a	53.23±0.55bc	11.15±0.52b	51.15±10b

*Valores con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencia estadística a un nivel significancia del 5%.

que coincide con los valores de acidez registrados para estos mismos tratamientos. El promedio de pH en todos los tratamientos fue próximo a 5, un valor límite en cacao apto para procesamiento (Cohen y Jackix, 2005).

El contenido de grasa es un parámetro altamente valorado por la industria transformadora de cacao, por tanto es importante determinar el efecto del tiempo y la temperatura sobre este componente. La almendra en el tratamiento 130 °C por 25 min presentó el contenido más bajo de grasa en pasta, lo que pudo ser generado por el efecto de la temperatura que ocasionó la solubilidad de la grasa y la permeabilidad de la cascarilla, causando pérdidas durante el proceso de tostado. En el tratamiento testigo se encontraron valores de 59.53% para grasa, así mismo, las menores pérdidas ocurrieron en los tratamiento donde la almendra fue tratada con temperaturas mas bajas y tiempos mas cortos. Es necesario resaltar que los valores registrados en esta investigación son inferiores a los encontrados por Cohen y Jackix (2005) quienes reportaron contenidos de grasa entre 63.93 y 66.51% en muestras de pastas de diferentes variedades de copoazú.

Los contenidos de proteína y azúcares descendieron en el proceso de tostado, cuando se comparan con el testigo. Wachter-Rodarte (2011) encontró que los procesos de transformación del grano generan un detrimento en la composición de la pasta, registrando menores pérdidas en los tratamiento evaluados a menor tiempo y temperatura. Cohen (2004) reportó valores de proteína entre 8.95 y 10.31% en pastas de copoazú; Hernández y León (2003) registraron para almendra contenidos de 13.02%, valores inferiores a los encontrados con el control utilizado en este trabajo, pero comparables con los resultados observados en los tratamientos. Redwell (2003) encontró reducción en el contenido de azúcares como glucosa y fructosa en almendra de cacao durante el proceso de tostado, un comportamiento similar al observado

en el presente trabajo. Este autor afirma que los carbohidratos en el proceso de tostado actúan como precursores de aroma afectando las propiedades fisicoquímicas de la pasta.

El análisis ANOVA multifactorial para las variables acidez, proteína y carbohidratos totales, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) para los tratamientos tiempo y temperatura, generando tres grupos homogéneos en la prueba LSD. Los análisis estadísticos para las variables pH y contenido de grasa mostraron que la temperatura es el factor de mayor incidencia durante esta fase. La variable humedad, por su parte, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) para el factor tiempo de proceso.

Análisis sensorial de licor de Copoazú

El sabor envuelve el gusto y el aroma, siendo el primero la sensación básica generada por los compuestos no volátiles como dulce, salado, amargo y ácido. El aroma es la sensación dada por los compuestos volátiles constituidos por diferentes estructuras químicas orgánicas que están presentes en los alimentos (Reineccius, 2006). Altas temperaturas y largos tiempos de tostado eliminan la especificidad aromática de los cacaos finos de aroma, favorece el desarrollo de aromas térmicos y posterior sabor a quemado; efecto que fue observado en este estudio con los tratamientos 130° y 120 °C (Figura 2), en los cuales el amargo, la astringencia, y el quemado fueron los sabores destacados, siendo defectos intensos que camuflaron los sabores específicos propios de la pasta de copoazú y que son altamente valorados por los industriales del cacao a nivel mundial, lo que deterioró la calidad sensorial de las muestras.

Wang (2011) encontró que tiempos cortos a altas temperaturas para granos de café generaron más sólidos solubles, menor pérdida de volátiles, degradación de los ácidos, sabor a quemado, en comparación con los tratamientos a menor temperatura y mayor tiempo de tostado. Es necesario resaltar que las temperaturas utilizadas para café se encuentran por encima de los 200 °C, las cuales no se pueden aplicar a granos de copoazú, ya que estas a 130 °C muestran el desarrollo de sabores a quemado. Las muestras tostadas a 115 °C desarrollaron los mejores perfiles sensoriales propios de cacaos criollos y la presencia de aromas específicos como frutal, floral cítricos, nuez y dulce, muy apreciados para la elaboración de chocolatería fina. Según este investigador, los ésteres son los generadores de los aromas más suaves y afrutados, mientras los aldehídos y la cetona dan lugar a sabores a fruta cocida y frutos secos; los ácidos, por su parte, son los responsables del aroma a vinagre, chocolate y caramelo quemado en café tostados a 220 y 230 °C.

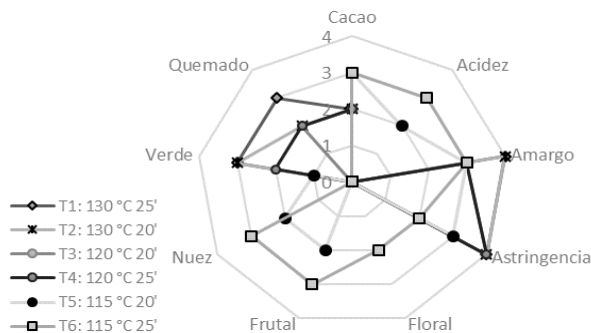


Figura 2. Perfil sensorial de la pasta de Copoazú sometida a diferentes tiempos y temperaturas de tostado. Universidad del Tolima y Agrosavia, Colombia.

Análisis de calidad de grasa de Copoazú

Por sus similitudes filogenéticas con cacao, el copoazú posee contenidos altos de grasa catalogados por algunos autores como de composición superior a aquél (Oliveira y Genovese, 2013). Los contenidos de triglicéridos, terpenos, esteroides y tocoferoles contribuyen a la viscosidad del producto final, la fracción lipídica tiende a ser estable y subsistir el proceso de tostado con sólo cambios menores (Wang y Lim, 2011). En la Tabla 3 se incluyen los resultados de las pruebas de calidad realizadas a la grasa de Copoazú. El índice de acidez mostró valores bajos para los tratamientos a mayor temperatura y tiempo de tostado, observando contenidos de KOH de 1.99 y 2.06 mg/g para los tratamientos 5 y 6, respectivamente, los cuales son menores que los encontrados por Hernández- Bejarano y Calderón (2006) para grasas de copoazú (10.34 mg/g de KOH) y semejantes a los de Moreno et al. (2013) quien encontró índices de acidez entre 1.372 y 3.872 mg/g de KOH para ocho accesiones de copoazú. Por otra parte, el ANOVA, mostró un efecto significativo ($P < 0.05$) de la temperatura sobre las propiedades evaluadas.

El índice de peróxidos permite identificar el grado de oxidación de las grasas y aceites; en este estudio, el factor tiempo de tostado presentó la mayor incidencia sobre la oxidación de la grasa ($P < 0.05$), con valores de O_2 entre 2.26 y 4.41 meq/kg para los tratamientos evaluados, que se encuentran por debajo de los encontrados por Hernández- Bejarano y Calderón (2006) quienes hallaron valores de 4.99 y 7.05 meq/kg y Moreno et al. (2013) quienes encontraron índices de peróxidos entre 4.7 y 26 meq/kg en grasa de copoazú.

El índice de yodo indica de forma cuantitativa el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en la muestra. Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) para los factores tiempo y temperatura de tostado ($P < 0.05$) en esta variable, con valores de yodo entre 33.54 y 45.16 g/100 g de grasa, superiores a los encontrados

por Hernández- Bejarano y Calderón, (2006) de 17.2 y 18.2 g/100 g de grasa y similares a los encontrados por Alviárez et al. (2016) (49.33 g/100 g) para la grasa de copoazú. El análisis de varianza para la variable índice de saponificación no mostró diferencias ($P > 0.05$) para el factor tiempo de tostado. El índice de saponificación para las grasas evaluadas varió entre 142.25 y 196.37 mg de KOH/g de grasa, valores superiores a los encontrados por Hernández- Bejarano y Calderón (2006) (113.5 mg de KOH/ g de grasa). Las muestras evaluadas a diferentes tiempos y temperaturas de tostado registraron valores de índice de saponificación similares a los encontrados en la muestra control (159.16 mg KOH/g de grasa de copoazú).

Conclusiones

Las curvas del proceso de tostado u horneado son herramientas funcionales en la estandarización de perfiles sensoriales de copoazú. Se encontró que, el tratamiento óptimo de tostado para almendras de esta fruta fue de 115 °C por 25 min, con el cual se mejora la expresión sensorial. Los factores evaluados en esta investigación mostraron que los tiempos y las temperaturas bajas en el proceso de tostado generan pastas de copoazú con porcentajes de acidez superiores a los registrados para semillas tostadas a temperaturas altas por periodos de tiempo cortos. En los rangos de temperatura y tiempos estudiados, la grasa de copoazú conservó parámetros admisibles de calidad para consumo.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Fondo de Investigaciones de la Universidad del Tolima, código 250214 y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

Tabla 3. Análisis de calidad de la grasa de Copoazú a diferentes tiempos y temperatura de proceso. Universidad del Tolima y Agrosavia, Colombia.

Tratamiento	Índice de acidez (KOH; mg/g)	Índice de peróxidos (O_2 -meq/kg)	Índice de yodo (yodo/100 g de aceite)	Índice de saponificación (KOH, mg/g de grasa)
Control	4.37±0.08 c	2.62±0.18 a	40.47±2.18 b	159.16±4.75 a
1	1.99±0.08 a	4.27±0.17 b	45.16±3.14 b	189.71±2.56 a
2	2.06±0.14 a	4.41±0.15 b	39.74±1.72 ab	145.00±5.21 a
3	3.52±0.12 b	2.65±0.39 a	42.10±1.20 b	163.94±7.72 a
4	3.30±0.04 b	2.80±0.26 a	33.54±1.56 a	158.87±6.19 a
5	3.13±0.08 b	2.42±0.10 a	35.33±2.06 a	152.38±9.10 a
6	3.22±0.05 b	2.26±0.18 a	39.25±1.6 ab	174.03±7.85 a

*Valores con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencia estadística a un nivel significancia del 5%.

Referencias

- Association of Official Analytical Chemists-AOAC. 2005. *AOAC official methods of analysis*. Arlington, VA. USA. <http://www.eoma.aoac.org/>
- Araujo-Neto, S. E.; Frednberg, N.; Minosso, S.; Novelli, D.; Andrade-Neto, R. C. 2015. Substrate conditioners for production of organic cupuasu seedling. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4), 1083-1088. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-207/14>
- Alviárez, G., Murillo, A.; Murillo, P.; Rojano, B. A.; Méndez, A. 2016. Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico (*Theobroma grandiflorum*). *Ciencia en Desarrollo*, 7(1), 103-109. <https://doi.org/10.19053/01217488.4237>
- Cajo-Pinche, M. I.; Díaz-Viteri, J. E. 2017. *Determinación de los parámetros óptimos de tostado de la semilla de copoazú para la obtención de chocolate de copoazú-Theobroma grandiflorum (Willd ex Spreng) Schum.* Trabajo de investigación. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Perú. 41 p. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/457>
- Cohen, K. D. O.; Luccas, V.; de Sousa, M. V.; Jackix, M. D.N.H. 2003. *Processamento tecnológico das amêndoas de cacau e de cupuaçu*. Embrapa Amazônia Oriental. Brasil. 39p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63573/1/Oriental-Doc178.PDF>
- Cohen, K. D. O.; Mattietto, R.; Jackix, M. D. N. H. 2004. Processo de torração das amêndoas e nibs de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. 35. 23p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/406017/1/BoletimPD35AMAZORIENTAL.pdf>
- Cohen, K. D. O.; Jackix, M. D. N. H. 2005. Estudo do liquor de cupuaçu. *Food Science and Technology*, 25(1), 182-190. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000100030>
- Criollo, J.; Criollo, D.; Aldana, A. S. 2010. Fermentación de la almendra de copoazú (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum.): Evaluación y optimización del proceso. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 107-115. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:200
- Demir, A. D.; Celayeta, J. M. F.; Cronin, K.; Abodayeh, K. 2002. Modelling of the kinetics of colour change in hazelnuts during air roasting. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 283-292. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00103-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00103-6)
- Espinosa-Manfugás, J. 2007. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria. Ministerio de Educación Superior. El Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. 129 p. <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Domínguez-Pérez, L. A.; Lagunes-Gálvez, L. M.; Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, M. de los A.; García-Alamilla, R.; García-Alamilla, P. 2019. Vibrational characterization of functional groups in cocoa beans during roasting with Fourier transform infrared spectroscopy. *Acta universitaria*, 29, 1-17. <http://doi.org/10.15174/au.2019.2172>
- Galeano, P. L.; Cuellar, L.; Schinella, G. 2012. Influencia del procesamiento del grano de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) sobre la actividad antioxidante y el contenido fenólico. *Vitae*, 19(1), 285-287. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914087.pdf>
- Gómez Navas, O.; Morales Tolosa, K. H. 2010. *Obtención y caracterización del licor de cacao en los clones CCN51, TSH812 y SCC13*. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 69 p. https://uids-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/1gjmsqs/uids_bucaramanga152374
- Hernández, C.; León, A. 2003. Evaluación de las etapas de fermentación y secado del proceso de beneficio de semilla de Copoazú *Theobroma grandiflorum* Wild ex Spreng Schum. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. pp. 70-81.
- Hernández-Bejarano, A. S.; Calderón Daza, S. S. 2006. *Obtención de una cobertura de chocolate a partir de cacao silvestres, copoazú (Theobroma Grandiflorum) y maracó (Theobroma Bicolor) de la Amazonia Colombiana*. Tesis de pregrado. Universidad de La Salle. 143 p. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1109&context=ing_alimentos
- Krysiak, W. 2011. Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas y aceites*. 62(4): 467-478. <https://doi.org/10.3989/gya.114910>
- Lee, S. Y.; Yoo, S. S.; Lee, M. J.; Kwon, I. B.; Pyun, Y. R. 2001. Optimization of nibs roasting in cocoa bean processing with lotte-better taste and color process. *Food Science and Biotechnology*. 10(3), 286-293. <https://www.earticle.net/Article/A86152>
- López, A. S. F. 1983. Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. *Revista Theobroma*. 13 (3), 233-248. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.rmato=2&cantidad=1&expresion=mfn=031079>
- López-Legarda, X.; Taramuel-Gallardo, A.; Arboleda-Echavarría, C.; Segura-Sánchez, F.; Restrepo-Betancur, L. F. 2017. Comparación de métodos que utilizan ácido sulfúrico para la determinación de azúcares totales. *Revista Cubana de Química*. 29(2), 180-198. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_rtext&pid=S2224-54212017000200002
- Maceda-Trigoso, F. D. L.; Dea-Cahuana, L. E. 2019. *Evaluación de los parámetros óptimos de temperatura y tiempo durante el proceso de tostado en tambor rotatorio y estufa para la obtención de la pasta de Copoazú (Theobroma grandiflorum): en la provincia de Tambopata-MDD*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

- Perú. 110p. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/491>
- Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S.; Barrera, J. A.; Carrillo, M. 2006. *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Colombia. 225 p. <https://sinchi.org.co/oferta-y-potencialidades-de-un-banco-de-germoplasma-del-genero-theobroma-en-el-enriquecimiento-de-los-sistemas-productivos-de-la-region-amazonica>
- Moreno, L.; Sandoval, A.; Criollo, J.; Criollo, D. 2013. caracterización fisicoquímica de la grasa de las semillas del fruto de copoazú. *Alimentos Hoy*. 22(30), 11-22. https://acta.org.co/acta_sites/alimentoshoy/index.php/hoy/article/view/242
- Oliveira, T. B.; Genovese, M. I. 2013. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International*. 51(2), 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.019>
- Otárola-Gamarra, A. 2018. *Efecto de la enzima pectolítica y levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (Theobroma cacao)*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Federico Villarreal. Perú. 202 p. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2412>
- Pimenta, T. V.; Pereira, R. G. F. A.; Corrêa, J. L. G.; Silva, J. R. 2009. Roasting processing of dry coffee cherry: influence of grain shape and temperature on physical, chemical and sensorial grain properties. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*. 27(1), 97-106. <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/14956>
- Ramos, S.; Salazar, M.; Nascimento, L.; Carazzolle, M.; Pereira, G.; Delforno, T.; Efraim, P. 2020. Influence of pulp on the microbial diversity during cupuassu fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. 318, 108465. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108465>
- Redgwell, R.; Trovato, V.; Merinat, S.; Curti, D.; Hediger, S.; Manez, A. 2003. Dietary fibre in cocoa shell: characterisation of component polysaccharides. *Food Chemistry*, 81(1), 103-112. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00385-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00385-0)
- Reineccius, G. 2006. *Changes in food flavor due to processing*. In: *Flavor chemistry and technology*. 2nd ed. CRC Press. USA. p. 261-294. <http://www.scopus.com/inward/record.p=85051058254&partnerID=8YFLogxK>
- Stevenson, C.; Corven, J.; Villanueva, G. 1993. *Manual para análisis de cacao en laboratorio*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica. 68 p. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/8995>
- Wacher-Rodarte, M. D. 2011. Microorganismos y chocolate. *Revista digital universitaria*, 12(4), 1-8. <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/art42.pdf>
- Wang, N. 2012. *Physicochemical changes of coffee beans during roasting*. Tesis doctoral. University of Guelph. 100p. <http://hdl.handle.net/10214/3584>
- Wang, N.; Fu, Y.; Lim, L. T. 2011. Feasibility study on chemometric discrimination of roasted Arabica coffees by solvent extraction and Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*. 59(7), 3220-3226. <https://doi.org/10.1021/jf104980d>
- Yeretizian, C.; Jordan, A.; Badoud, R.; Lindinger, W. 2002. From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*. 214(2), 92-104. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0424-7>