

EFFECT OF PROCESSING ON THE PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF MAMMEE APPLE (*Mammea americana* L.) FRUIT

EFFECTO DEL PROCESAMIENTO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL FRUTO MAMEY AMARILLO (*Mammea americana* L.)

Luís E. Ordóñez-Santos*, Gloria M. Martínez-Álvarez, Andrea M. Vázquez-Riascos

Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

ABSTRACT

Mammee apple (*Mammea americana* L.) fruits are promising sources of various bioactive compounds such as carotenoids, vitamin C, and phenolic compounds, and offer great potential for use in agro-industrial processing and to meet the requirements desired for consumer health. The objective of this study was to evaluate physicochemical and sensory changes of mammee apple after syrup and jam processing. Fruits were washed, cut, pulped, blanched, and the pieces of fruit blanching were stored in 125 mL glass jars, and covered with 18 °Brix boiling sugar syrup. The mixture was pasteurized and cooled. Jam contained 50 % fruit, 50 % sugar, and 3 % pectin; sugar was added and the mixture boiled to a final concentration of 60 to 62 °Brix. The experimental design was randomized block to one factor, with the fruit, syrup and jam as treatments. The physicochemical and sensory properties of mammee apple changed significantly ($p \leq 0.05$) when processed into syrup and jam, except the total carotenoid concentration. The dry matter content, soluble solids, and vitamin C concentration had the highest concentrations in the jam ($p \leq 0.01$). The color attributes L^* and C^* decreased significantly ($p \leq 0.001$) in syrup and jam, and the tone (h°) was significantly reduced during the preparation of syrup. Mammee apple jam was most preferred to obtain higher scores.

Keywords: Exotic fruit, carotenoids, ascorbic acid, pH, dry matter.

INTRODUCTION

Tropical exotic fruit production, trade and consumption have increased significantly on the domestic and international markets due

* Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: July, 2013. Approved: April, 2014.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 48: 377-385. 2014.

RESUMEN

Los frutos de mamey (*Mammea americana* L.) son una fuente promisorio de diversos compuestos bioactivos como carotenoides, vitamina C y compuestos fenólicos, y ofrecen gran potencial para su uso en procesamiento agroindustriales y cubrir los requerimientos deseados para la salud del consumidor. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios fisicoquímicos y sensoriales del mamey después de su procesamiento para hacer almíbar y mermelada. Los frutos se lavaron, se cortaron, se sacó la pulpa, se escaldaron, y los pedazos de fruta escaldados se envasaron en frascos de vidrio de 125 mL y se cubrieron con almíbar de azúcar hirviendo de 18 °Brix. La mezcla se pasteurizó y enfrió. La mermelada contenía 50 % fruta, 50 % azúcar y 3 % pectina; se añadió azúcar y la mezcla se hirvió hasta una concentración final de 60 a 62 °Brix. El diseño experimental fue de bloques al azar con un factor, y los tratamientos fueron la fruta, el almíbar y la mermelada. Las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del mamey cambiaron significativamente ($p \leq 0.05$) cuando se procesaron en almíbar y mermelada, excepto la concentración total de carotenoides. El contenido de materia seca y de sólidos solubles, y la concentración de vitamina C tuvieron su máximo en la mermelada ($p \leq 0.01$). Los atributos de color L^* y C^* disminuyeron significativamente ($p \leq 0.001$) en almíbar y mermelada, y el tono (h°) se redujo significativamente durante la preparación del almíbar. La mermelada de mamey fue la preferida para obtener las calificaciones más altas.

Palabras clave: Fruto exótico, carotenoides, ácido ascórbico, pH, materia seca.

INTRODUCCIÓN

La producción, el comercio y el consumo de frutos exóticos tropicales ha aumentado significativamente en los mercados domésticos e internacionales debido a sus propiedades sensoriales

to their attractive sensory properties and a growing recognition of their nutritional and therapeutic value (Ayala-Zavala *et al.*, 2011). Nutrient-rich food gains popularity due to the desire of consumers for healthy eating and drinking while experiencing new and exotic flavors, and at the same time, due to the focus of industries to produce beverages with the health claim as a parameter of differentiation (Vidigal *et al.*, 2011). Within the current consumer trend for healthy foods, mammee apple (*Mammea americana* L.) offers great potential for use in agro-industrial processing in order to meet the requirements desired for consumer health. *Mammea americana* L., an arboreal species native of Antillas, was introduced into the tropics worldwide. Its fruit contains a yellow reddish, aromatic and edible pulp; 100 g of pulp contains 47 mg K, 14 mg vitamin C, 12 μ g vitamin A, and 14 μ g folate (Mourão and Beltrati, 2000; USDA, 2013). The pulp can be used to produce syrup, juice, sherbet, jam, and pastes (Lim, 2012). These fruits have an important agro-industrial potential in the tropics; however, in the literature reviewed no reports were found about physicochemical and sensory changes of mammee apple fruit after being processed. The aim of this study was to evaluate changes in the physicochemical and sensory properties of mammee apple fruit that is processed into syrup and jam.

MATERIALS AND METHODS

Syrup and jams preparation procedures

A 50 kg sample of mammee apple fruit cv. Mamey Cartagena was purchased at the local market (Palmira, Colombia) with a status of maturity suitable for processing or fresh consumption, divided into five lots, and processed at Laboratory Technology of Fruit and Vegetables of the National University of Colombia, according to standard industry practices. The fruit was washed with tapwater, homogenized and a portion of each lot removed for analysis. Each lot of the remaining fruit was disinfected for 10 min by immersion in 50 ppm solution of sodium hypochlorite. Then the fruit was pulped, manually cut into slices (size, 7×1×1 cm), and immediately blanched for 60 s in a water bath (80 °C) to avoid enzymatic browning and remove the air entrapped in the fruit tissues.

A portion of fruits blanching were destination for the product in syrup, and another for the preparation of jam; 70 g of fruit blanching were placed into 125 mL glass jars, and covered with 18 °Brix boiling sugar syrup (prepared by adding

atractivas y el creciente reconocimiento de su valor nutricional y terapéutico (Ayala-Zavala *et al.*, 2011). Los alimentos ricos en nutrientes ganan popularidad gracias al deseo de los consumidores de una dieta saludable, experimentar sabores nuevos y exóticos, y al mismo tiempo, por el enfoque de las industrias para producir bebidas saludables como parámetro de diferenciación (Vidigal *et al.*, 2011). Dentro de la actual tendencia de los consumidores por alimentos saludables, el mamey (*Mammea americana* L.) ofrece gran potencial para usar en procesamiento agroindustriales y cumplir con los requerimientos deseados para la salud del consumidor. *Mammea americana* L., una especie arbórea nativa de las Antillas, fue introducida a los trópicos en el mundo. Su fruto contiene una pulpa amarillo-rojiza, aromática y comestible; 100 g de pulpa contienen 47 mg K, 14 mg vitamina C, 12 μ g vitamina A, y 14 μ g folato (Mourão y Beltrati, 2000; USDA, 2013). La pulpa se puede usar para producir almíbar, jugo, helado, mermelada y pastas (Lim, 2012). Estos frutos tienen un potencial agroindustrial relevante en los trópicos, pero en la literatura revisada no se encontraron reportes sobre los cambios físicoquímicos y sensoriales del fruto de mamey después de su procesamiento. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en las propiedades físicoquímicas y sensoriales del fruto de mamey procesado en almíbar y mermelada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedimientos de preparación de almíbar y mermelada

Una muestra de 50 kg de frutos de mamey variedad Mamey Cartagena se compró en el mercado local (Palmira, Colombia), en un estado de madurez adecuado para el procesamiento o consumo en fresco; se dividió en cinco lotes y se procesó en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, de acuerdo con las prácticas industriales estándar. La fruta se lavó con agua potable, se homogenizó y una porción de cada lote se separó para su análisis. Cada lote de la fruta restante se desinfectó 10 min por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 50 ppm. Después se sacó la pulpa, se cortó manualmente en rebanadas (tamaño 7×1×1 cm), e inmediatamente se escaldó 60 s en baño María (80 °C) para evitar el oscurecimiento enzimático y eliminar el aire atrapado en los tejidos del fruto.

Una porción de la fruta escaldada se destinó al producto en almíbar y otra para la preparación de mermelada; 70 g de

a predetermined weight of sucrose to boiling water), leaving a headspace of 10 mm in order to provide effective steam flow closure. The sealed jars were immersed in boiling water (100 °C) to increase temperature at the center to at least 88 °C; this treatment of pasteurization was established because the canned in syrup has pH values <4.0 and *Bacillus coagulans* was used as reference organism with $T_{ref}=93.3$ °C and $z=8.9$ (Hoppe *et al.*, 2006). Immediately after processing, the jars were cooled by sprinkling cold water on them until the center temperature reached 10 °C. Five jars were randomly selected (one per lot) and removed for further analysis. The remaining fruits blanching was used for jam formulation, 50 % fruit, 50 % sugar, and 3 % pectin added by manual agitation; the mixture was boiled for 2 min to allow proper pectin hydration. The pH was adjusted as needed by adding a few drops of 30 % citric acid solution to a target pH of 3.0-3.2. Sugar was added and the mixture boiled to a final concentration 60-62 °Brix (approximately 104-105 °C final boiling point). The jam was hot-packed (90 °C) in 250 mL containers aluminum, then cooled in a water bath till 20 °C and stored at room temperature at least 24 h to achieve gellification. Five containers were randomly selected (one from each lot) and stored for further analysis.

Physicochemical analyses

Titrateable acidity (g citric acid 100 g⁻¹ pulp), pH and total soluble solids (°Brix) contents were determined using methods AOAC (1990). Dry matter of samples (%) was obtained by drying them in an oven at 105 °C until reaching constant dry weight, according to Casierra-Posada *et al.* (2007).

Determination of carotenoids and vitamin C content

Total carotenoids were extracted according to Ordóñez-Santos *et al.* (2009). Later, 2 g sample was weighed in a 50 mL Erlenmeyer flask and 25 mL of 2:1:1 hexane/acetone/ethanol (Merck), the flask was covered with aluminum foil, shook 10 min in crushed ice, then 10 mL of distilled water were added and the mixture shaken for 5 min more. A 4 mL sample was taken from the organic (hexane) phase using a Pasteur pipette and absorbance of the extract was measured at 453 nm against hexane in a Genesys 10 UV-Vis spectrophotometer (Thermo Electron Scientific Instruments LLC, Madison, WI, USA). Concentration ($\mu\text{g g}^{-1}$ pulp) was calculated using the molar extinction coefficients: 13.9×10^4 for β -carotene in hexane at 453 nm, according to Fish *et al.* (2002) and Nagal *et al.* (2012).

Vitamin C content was determined according to Obloh (2006). From the sample 5 g were extracted with 100 mL

la fruta escaldada se colocó en frascos de vidrio de 125 mL y se cubrió con almíbar de azúcar hirviendo 18 °Brix (preparado al añadir un peso predeterminado de sucrosa a agua hirviendo), dejando un espacio de 10 mm para permitir un cerrado efectivo por flujo de vapor. Los frascos sellados se sumergieron en agua hirviendo (100 °C) para aumentar la temperatura en el centro al menos 88 °C; este tratamiento de pasteurización se estableció porque la fruta envasada con almíbar tiene valores de pH <4.0 y se usó como organismo de referencia *Bacillus coagulans* con $T_{ref}=93.3$ °C y $z=8.9$ (Hoppe *et al.* 2006). Inmediatamente después del procesamiento, los frascos se enfriaron rociando agua fría sobre ellos hasta que la temperatura del centro llegara a 10 °C. Cinco frascos se seleccionaron al azar (uno por lote) y se retiraron para otros análisis. El resto de la fruta escaldada se usó para preparar mermelada, 50 % fruta, 50 % azúcar y 3 % pectina añadida por agitación manual; la mezcla hirvió 2 min para permitir la hidratación adecuada de la pectina. El pH se ajustó según se requería y la mezcla hirvió hasta una concentración final de 60-62 °Brix (aproximadamente 104-105 °C punto de ebullición final). La mermelada se empacó caliente (90 °C) en contenedores de aluminio de 250 mL, después se enfrió en baño María hasta llegar a 20 °C y se almacenó a temperatura ambiente por lo menos 24 h para lograr la gelificación. Cinco contenedores se seleccionaron al azar (uno de cada lote) y se almacenaron para realizar más análisis.

Análisis físicoquímicos

La acidez titulable (g ácido cítrico 100 g⁻¹ pulpa), el pH y el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron usando métodos AOAC (1990). La materia seca de las muestras (%) se obtuvo al secarlas en una estufa a 105 °C hasta peso seco constante, según Casierra-Posada *et al.* (2007).

Determinación del contenido de carotenoides y vitamina C

Los carotenoides totales se extrajeron de acuerdo con Ordóñez-Santos *et al.* (2009). Después, se pesó una muestra de 2 g en un matraz Erlenmeyer de 50 mL con 25 mL de 2:1:1 hexano/acetona/etanol (Merck); el matraz se cubrió con papel aluminio, se agitó 10 min en hielo aplastado se adicionaron 10 mL de agua destilada y la mezcla se agitó por 5 min más. Una muestra de 4 mL se tomó de la fase orgánica (hexano) utilizando una pipeta Pasteur y la absorbancia del extracto se midió a 453 nm contra hexano en un espectrofotómetro Genesys 10 UV-Vis (Thermo Electron Scientific Instruments LLC, Madison, WI, EE.UU.). La concentración ($\mu\text{g g}^{-1}$ pulpa) se calculó usando los coeficientes de extinción molar: 13.9×10^4 para β -caroteno en hexano a 453 nm, ningún Fish *et al.* (2002) y Nagal *et al.* (2012).

H₂O, 10 mL of the extract were mixed with 25 mL of 20 % glacial acetic acid (Merck) and titrated against standardized 2,6-dichloroindophenol (0.05 g 100 mL⁻¹) solution (Merck). External calibration with authenticated ascorbic acid (Merck) standard patron was used to quantify vitamin C in the solutions, expressing the result as mg ascorbic acid 100 g⁻¹ pulp. All the analyses were performed in triplicate.

Colour measurements

A Minolta CR-400 colour colorimeter was used for this study. Analyses were performed by reflection on a 2.5 mm thick sample placed over a white surface. The instrument was standardized each time with a black and a white (Y=89.5; x=0.3176; y=0.3347) tile using illuminant D65 (8 mm diameter measuring area), and a 2° observer. Data were collected in CIE Lab color space and the values of L (brightness), a (red to green color) and b (yellow to blue color) were recorded during each test. Chroma (C*) [(a²+b²)^{0.5}], that quantify the intensity color, and hue (h°) angle $\tan^{-1}(b/a)$, defined as the actual color.

Sensory evaluation

An untrained panel of 147 members (males and females) performed the sensory evaluation of mamme apple fruit and syrup and jam, 3 d after the manufacturing. Samples were stored at 5 °C and taken out 3 h before serving. Color, taste, odor, texture, and overall acceptability of samples were evaluated following nine point hedonic scale: 9=like extremely, 8=like very much, 7=like moderately, 6=like slightly, 5=neither like nor dislike, 4=dislike slightly, 3=dislike moderately, 2=dislike very much, 1 = dislike extremely (Basu and Shivhare, 2010).

Statistical analyses

The experimental design was a randomized blocks, the treatments were fruit, syrup and jam, with five replicates per treatment. Data was analyzed with a one-way ANOVA and treatments means were compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$). All statistical calculations were performed using SPSS 18 for Windows.

RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical properties of mamme apple fruits

Physical characteristics of mamme apple fruit (Table 1) were: weight (g) 489.2 ± 80.97 , diameter (cm) 9.60 ± 0.66 , pulp (%) 67.85 ± 3.60 , seed (%) 17.40 ± 5.86 , and peel (%) 14.75 ± 3.32 . Weight and

El contenido de vitamina C se determinó con base en Oboh (2006). De la muestra se extrajeron 5 g con 100 mL de agua; 10 mL del extracto se mezclaron con 25 mL de 20 % ácido acético glacial (Merck) y se titularon contra una solución estandarizada de 2,6-dicloroindofenol (0.05 g 100 mL⁻¹) (Merck). La graduación externa con un padrón estándar de ácido ascórbico autenticado (Merck) se utilizó para cuantificar la vitamina C en las soluciones, expresando el resultado como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ pulpa. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Mediciones de color

Para este estudio se usó un colorímetro de color Minolta CR-400. Los análisis se realizaron por reflexión en una muestra de 2.5 mm de espesor colocada sobre una superficie blanca. El instrumento se estandarizó en cada ocasión con un mosaico blanco y negro (Y=89.5; x=0.3176; y=0.3347), usando iluminación D65 (área de medida de 8mm de diámetro) y un observador de 2°. Los datos se recolectaron en el espacio de color CIE Lab y los valores de L (brillantez), a (color rojo a verde) y b (color amarillo a azul) se registraron durante cada prueba. Cromo (C*) [(a²+b²)^{0.5}], que cuantifica la intensidad del color, y el ángulo de tonalidad (h°) $\tan^{-1}(b/a)$, definieron el color real.

Evaluación sensorial

Un panel sin entrenamiento de 147 miembros (hombres y mujeres) realizaron la evaluación sensorial del fruto de mamey, el almíbar y la mermelada, 3 d después de su manufactura. Las muestras se almacenaron a 5 °C y se sacaron 3 h antes de servirse. El color, el sabor, el aroma, la textura y la aceptabilidad general de las muestras se evaluaron con una escala hedónica de nueve puntos: 9=gusta extremadamente, 8=gusta bastante, 7=gusta moderadamente, 6=gusta levemente, 5=no gusta ni disgusta, 4=disgusta levemente, 3=disgusta moderadamente, 2=disgusta bastante, 1=disgusta extremadamente (Basu y Shivhare, 2010).

Análisis estadísticos

El diseño experimental fue de bloques aleatorios, los tratamientos fueron fruto, almíbar y mermelada, con cinco repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron con ANDEVA de una vía y las medias de los tratamientos se compararon usando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los cálculos estadísticos se realizaron con SPSS 18 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas de los frutos de mamey

Las características físicas del fruto de mamey (Cuadro 1) fueron: peso (g) 489.2 ± 80.97 , diámetro (cm)

Table 1. Physico-chemical properties of fresh, syrup and jam of mamee apple fruit (*Mammea americana* L.).
Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas del fruto fresco, el almíbar y la mermelada de mamey (*Mammea americana* L.).

Treatment	Dry matter (%)	Total soluble solids (°Brix)	pH	Titratable acidity [†]	Vitamin C [‡]	Carotenoids total [§]	L*	C*	h°
Fresh	16.84±2.51 b	11.01±0.3 c	3.41±0.20 a	0.39±0.15 a	12.20±1.56 b	41.00±10.96 a	64.64±4.36 a	60.31±2.85 a	73.70± 2.44 a
Syrup	21.17±2.52 b	14.21±0.9 b	3.26±0.12 b	0.18±0.05 b	9.78±4.00 b	22.11± 6.34 a	28.72±1.22 c	15.30±4.78 c	15.00± 4.40 b
Jam	72.59±3.67 a	61.30±1.8 a	3.05±0.12 b	0.33±0.11 a	19.24±4.99 a	33.55±19.84 a	50.44±5.31 b	40.67±3.54 b	65.24±11.12 a
ANOVA	p≤0.001	p≤0.001	p≤0.01	p≤0.05	p≤0.01	ns	p≤0.001	p≤0.001	p≤0.001

[†]g citric acid 100 g⁻¹ pulp; [‡]mg ascorbic acid 100 g⁻¹ pulp; [§]μg g⁻¹ pulp; ns: not significant in a column. Values with different letter in a column are statistically different (Tukey, p≤0.05). Means±standard deviations of five replicate lots ♦ [‡]g ácido cítrico 100 g⁻¹ pulpa; [§]μg ácido ascórbico 100 g⁻¹ pulpa; ns: no significativo en una columna. Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, p≤0.05). Medias±desviaciones estándar de cinco lotes réplica.

diameter were lower than those reported by Cedeño *et al.* (2013), whereas pH, titratable acidity, soluble solids and vitamin C concentration were similar.

Pulp yield was higher than that reported by Villalba *et al.* (2006), 54.39 % in cv. mamey Cartagena, and total carotenoid content was higher than that found by Rodríguez-Amaya *et al.* (2008), $14 \mu\text{g g}^{-1}$ pulp. The high color parameters (L^* , C^* and h°) in the fruits show that the surface color of the pulp was between orange and yellow. Pulp yield, dry matter content, and total carotenoid content in mamee apple show its potential for agro-industrialization.

The effect of processing on mamee apple fruits

Physicochemical and sensory variables were affected after the fruit processing into syrup and jam, except total carotenoid concentration (Tables 1 and 2). Dry matter content (72.59 %), total soluble solids (61.30 °Brix), and vitamin C concentration ($19.24 \text{ mg ascorbic acid } 100 \text{ g}^{-1}$ pulp) had the highest concentrations in jam (Table 1), which was due to the added sugar and water removal during concentration of jam. The apparent vitamin C increase in the jam was probably generated by evaporation during the concentration process of the product, the addition of citric acid which reduced pH in the jam, offered greater stability to the antioxidant, and also by direct or indirect action of antioxidants such as carotenoids and phenolic compounds (Ornelas-Paz *et al.*, 2013). pH and titratable acidity changed in syrup and jam (Table 1), mainly due to addition of sugar, citric acid, leaching in syrup and concentration in the jam. Stability of total carotenoid was probably due both to thermal inactivation of enzymes that expose it to oxidants by destroying the cell wall (Tamburini *et*

9.60 ± 0.66 , pulpa (%) 67.85 ± 3.60 , semilla (%) 17.40 ± 5.86 , y cáscara (%) 14.75 ± 3.32 . El peso y el diámetro fueron menores que los reportados por Cedeño *et al.* (2013), mientras que el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles y la concentración de vitamina C fueron similares.

El rendimiento de la pulpa fue mayor que el reportado por Villalba *et al.* (2006), 54.39 % en la variedad de mamey Cartagena, y el contenido total de carotenoides fue mayor que el observado por Rodríguez-Amaya *et al.* (2008), $14 \mu\text{g g}^{-1}$ pulpa. Los parámetros altos de color (L^* , C^* y h°) en los frutos muestran que el color de la superficie de la pulpa fue entre anaranjado y amarillo. El rendimiento de pulpa, el contenido de materia seca y el contenido total de carotenoides en el mamey muestran su potencial para la agroindustrialización.

El efecto del procesamiento en los frutos de mamey

Las variables fisicoquímicas y sensoriales fueron afectadas después del procesamiento de los frutos en almíbar y mermelada, excepto la concentración total de carotenoides (Cuadros 1 y 2). El contenido de materia seca (72.59 %), los sólidos solubles (61.30 °Brix) y la concentración de vitamina C ($19.24 \text{ mg ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ pulpa) tuvieron sus concentraciones mayores en la mermelada (Cuadro 1), lo cual se debe al azúcar añadido y a la eliminación de agua durante la concentración de la mermelada. El aparente aumento en vitamina C en la mermelada probablemente fue generado por la evaporación durante el proceso de concentración del producto, por la adición de ácido cítrico que redujo el pH en la mermelada y ofreció mayor estabilidad

Table 2. Average sensory score of fresh syrup and jam of mamee apple fruit (*Mammea americana* L.).

Cuadro 2. Calificación promedio sensorial del almíbar fresco y la mermelada de mamey (*Mammea americana* L.).

Treatment	Color	Taste	Odor	Textura	Overall acceptability
Fresh	7.29 ± 1.45 b	7.18 ± 1.3 b	6.91 ± 1.36 b	7.18 ± 1.31 b	7.20 ± 1.22 b
Syrup	7.29 ± 1.43 b	7.15 ± 1.59 b	6.70 ± 1.70 b	7.29 ± 1.49 b	7.20 ± 1.50 b
Jam	8.21 ± 0.89 a	8.40 ± 0.93 a	7.46 ± 1.60 a	8.16 ± 0.94 a	8.18 ± 1.21 a
ANOVA	$p \leq 0.001$	$p \leq 0.001$	$p \leq 0.001$	$p \leq 0.001$	$p \leq 0.001$

Values with different letter in a column are statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$). Means $\pm$ standard deviations of five replicate lots ♦ Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias $\pm$ desviaciones estándar de cinco lotes repeticiones.

al., 1999), and by the presence of other antioxidants including ascorbic acid, tocopherol, and phenolic compounds (Takeoka *et al.*, 2001). The increase or decrease in vitamin C and total carotenoid during processing can change the antioxidant activity of the product, as these molecules contribute to the hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity of food (Danesi and Bordoni 2008). Therefore, the processing in syrup could reduce antioxidant capacity to significantly decrease the initial concentration of vitamin C in the mammee apple fruit.

Color parameters of samples showed significant differences ($p \leq 0.001$); thus, L^* and C^* decreased in syrup and jam respectively, while tone (h°) was reduced during preparation of syrup (Table 1). The complexity of fruit derivatives implies a range of nonenzymatic browning reactions caused by thermal treatments. Pasteurization of mammee apple syrup triggered the degradation of phenolic compounds in the fruit, this causes the discoloration of deep yellow color, and further heat treatment increased brown color. There are reports about effects of sugar and its degradation products, enhancement non-enzymatic browning reactions during thermal concentration (Lozano and Ibarz, 1997; Garza *et al.*, 1999; Damasceno *et al.*, 2008). Increase of tone (h°) during jam processing (Table 1) may be due to increase in free carotenoid at the expense of protein-bound, in partly derived from disruption of cell membranes by homogenization and heat treatment leading to cleavage of protein-carotenoid complexes and hence to increased extractability of carotenoids (Nguyen and Schwartz, 1999). Consumer's opinions about mammee apple products show high preferences for mammee apple fruit, syrup and jam; besides, processing increased level of acceptance of the fruit on consumers ($p \leq 0.001$; Table 2). Mammee apple jam was most preferred with higher scores for color (8.21), flavor (8.40), odor (7.46), texture (8.16) and overall acceptability (8.18), suggesting that mammee apple fruit could be suitable for jam processing.

CONCLUSIONS

Physicochemical and sensory characteristics of the fruit of mammee apple changed significantly during processing. The jam keep further initial content of vitamin C, total carotenoids, and color coordinates, and also obtained greater consumer acceptance.

al antioxidante, y también por la acción directa o indirecta de los antioxidantes como carotenoides y compuestos fenólicos (Ornelas-Paz *et al.*, 2013). El pH y la acidez titulable cambiaron en el almíbar y la mermelada (Cuadro 1), principalmente debido a la adición de azúcar y ácido cítrico, la lixiviación en el almíbar y la concentración en la mermelada. La estabilidad de los carotenoides totales probablemente se debió tanto a la inactivación térmica de las enzimas que los expone a oxidantes al destruir la pared celular (Tamburini *et al.*, 1999), como a la presencia de otros antioxidante incluyendo el ácido ascórbico, el tocoferol y los compuestos fenólicos (Takeoka *et al.*, 2001). El aumento o la disminución en vitamina C y carotenoides totales durante el procesamiento puede cambiar la actividad antioxidante del producto, porque estas moléculas contribuyen a la capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica de los alimentos (Danesi y Bordoni, 2008). Por tanto, el procesamiento en almíbar podría reducir la capacidad antioxidante para disminuir significativamente la concentración inicial de vitamina C en el fruto de mamey.

Los parámetros de color mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.001$), ya que L^* y C^* disminuyeron en el almíbar y la mermelada, respectivamente, mientras la tonalidad (h°) se redujo durante la preparación del almíbar (Cuadro 1). La complejidad de los derivados del fruto implica un amplio rango de diversas reacciones de oscurecimiento no enzimáticas, causadas por tratamientos térmicos. La pasteurización del almíbar de mamey desencadenó la degradación de compuestos fenólicos en el fruto, causando la decoloración del color amarillo profundo, y el tratamiento posterior con calor aumentó el color marrón. Hay reportes sobre los efectos del azúcar y sus productos de degradación, y sobre la intensificación de reacciones de oscurecimiento no enzimático durante la concentración térmica (Lozano y Ibarz, 1997; Garza *et al.*, 1999; Damasceno *et al.*, 2008). El aumento en tonalidad (h°) durante el procesamiento de la mermelada (Cuadro 1) puede deberse al aumento en carotenoides libres a cambio de los vinculados a proteínas, en parte derivado de la perturbación de membranas celulares por la homogenización y el tratamiento con calor que lleva a la escisión de complejos de proteína y carotenoide, y por tanto, a una mayor extractabilidad de los carotenoides (Nguyen y Schwartz, 1999). Las opiniones de los consumidores sobre los productos de mamey muestran una preferencia alta por el

These results show that the jam is a potential product for agro-industrialization of mamey apple, offering consumers high in carotenoids, new and exotic flavors.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was financially supported by the Research Directorate of the National University of Colombia at Palmira (DIPAL).

LITERATURE CITED

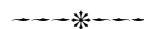
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. 14th Edition. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA. pp: 264-275.
- Ayala-Zavala, J. E., V. Vega-Vega, C. Rosas-Domínguez, H. Palafox-Carlos, and J.A. Villa-Rodríguez. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Res. Int.* 44: 1866-1874.
- Basu, S., and U. S. Shivhare. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *J. Food Eng.* 100: 357-365.
- Casierra-Posada, F., M. C. Cardozo, and J. F. Cárdenas-Hernández. 2007. Growth analysis of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivated in greenhouse. *Agron. Colombiana* 25: 299-305.
- Cedeño E., K. Viteri, y A. Costa. 2010. Estudio del comportamiento de la pulpa congelada y del aceite de semillas obtenido de dos variedades diferentes de mamey *Colocarpum mammosum* (mamey colorado) y *Mammea americana* (mamey Cartagena). *Revista Tecnológica ESPOL*. Available <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8848>. (Consulta: marzo, 2013)
- Damasceno, L. F., F. A. N. Fernandes, M. M. A. Magalhães, and E. S. Brito. 2008. Non-enzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: Kinetics and process control. *Food Chem.* 106: 172-179.
- Danesi, F. and A. Bordonì. 2008. Effect of home freezing and Italian style of cooking on antioxidant activity of edible vegetables. *J. Food Eng.* 73: 109-112.
- Fish, W. W., P. Perkins-Weazie, and J. K. A. Collins. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Comp. Anal.* 15: 309-317.
- Garza, S., A. Ibarz, J. Pagan, and J. Giner. 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Res. Int.* 32: 335-343.
- Hoppe, S., S. Neidhart, K. Zunker, P. Hutasingh, R. Carle, H. Steinhart, and A. Paschke. 2009. The influences of cultivar and thermal processing on the allergenic potency of lychees (*Litchi chinensis* SONN.) *Food Chem.* 96: 209-219.
- Lim, T. K. 2012. *Mammea Americana*. In: *Edible Medicinal and Non-medicinal Plants*. Springer (eds). London. pp: 134-142.
- Lozano, J. E., and A. Ibarz. 1997. Colour changes in concentrated fruit pulps during heating at high temperatures. *J. Food Eng.* 34: 365-373.
- Mourão, K. S. M., and C. M. Beltrati. 2000. Morphology and anatomy of developing fruits and seeds of *Mammea americana* L. (Clusiaceae). *Rev. Brasil. Biol.* 60: 701-711.

fruto, el almíbar y la mermelada de mamey; además, el procesamiento aumentó el nivel de aceptación del fruto en los consumidores ($p \leq 0.001$; Cuadro 2). La mermelada de mamey fue la más preferida con las calificaciones más altas para color (8.21), sabor (8.40), aroma (7.46), textura (8.16) y aceptabilidad general (8.18), sugiriendo que el fruto de mamey podría ser adecuado para el procesamiento en mermelada.

CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas y sensoriales del fruto de mamey cambiaron significativamente durante el procesamiento. La mermelada conservó contenido inicial de vitamina C, carotenoides totales y coordenadas de color, y también tuvo mayor aceptación del consumidor. Estos resultados muestran que la mermelada es un producto potencial para la agroindustrialización del mamey, ofreciendo a los consumidores sabores altos en carotenoides, nuevos y exóticos.

—Fin de la versión en Español—



- Nagal, S., C. Kaur, H. Choudhary, J. Singh, B. B. Singh, and K. N. Singh. 2012. Lycopene content, antioxidant capacity and colour attributes of selected watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars grown in India. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 63: 996-1000.
- Nguyen, M. L. and S. J. Schwartz. 1999. Lycopene: Chemical and biological properties. *Food Technol.* 53: 38-45.
- Oboh, G. 2006. Antioxidant properties of some commonly consumed and underutilized tropical legumes. *Eur. Food Res. Technol.* 224: 61-65.
- Ordóñez-Santos, L. E., L. Vázquez-Odériz, E. Arbonez-Macíniera, and M. A. Romero-Rodríguez. 2009. The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp. *Food Chem.* 112: 146-149.
- Ornelas-Paz, J. J., L. A. Cira-Chávez, A. A. Gardea-Béjar, J. C. Guevara-Arauz, D. R. Sepúlveda, J. Reyes-Hernández, and S. Ruiz-Cruz. 2013. Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. *Food Res. Int.* 50: 519-525.
- Rodríguez-Amaya, D. B., M. Kimura, H. T. Godoy, and J. Amaya-Farfán. 2008. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *J. Food Comp. Anal.* 21: 445-463.
- Takeoka, G. R., L. Dao, S. Flessa, D. M. Gillespie, W. Jewell, B. Huebner, D. Bertow, and S. E. Ebeler. 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *J. Agric. Food Chem.* 49: 3713-3717.

- Tamburini, R., L. Sandei, A. Aldini, F. De, and C. Leoni. 1999. Effect of storage conditions on lycopene content in tomato purees obtained with different processing techniques. *Ind. Conserve* 74: 341-357.
- USDA. 2013. National Nutrient Database for Standard Reference Release 25, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2287?fg=&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=mamey> (Accessed: March, 2013).
- Vidigal, M. C. T. R., V. P. R. Minim, N. B. Carvalho, M. P. Milagres, and A. C. A. Gonçalves. 2011. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: açai (*Euterpe oleracea* Mart.), camu-camu (*Myrciaria dubia*), cajá (*Spondias lutea* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). *Food Res. Int.* 44: 1988-1996.
- Villalba, M., I. M. Yepes, and I. G. Arrázola. 2006. Physiochemical characterization of sinu fruits for industrial processing. *Temas Agrarios* 11: 15-23.