

COMPARACIÓN DE LA FRITURA AL VACÍO Y ATMOSFÉRICA EN LA OBTENCIÓN DE PASABOCAS DE MANGO (*Manguifera indica L.*)

COMPARISON OF ATMOSPHERIC AND VACUUM FRYING IN OBTAINING SNACK OF MANGO (*Manguifera indica L.*)

Rafael Humberto Villamizar¹, María Cristina Quiceno², Germán Antonio Giraldo³

Recibido para evaluación: Enero 11 de 2011 - Aceptado para publicación: Junio 14 de 2011

RESUMEN

Las características sensoriales (textura, aroma, color y sabor) de pasabocas de mango obtenidos a presión atmosférica y al vacío fueron evaluados por un panel semientrenado. Además, los contenidos de vitamina C y acrilamida, fueron determinados por UV-VISIBLE. Las condiciones del proceso fueron: a presión atmosférica 175°C de temperatura y 30s, al vacío 110°C y 90s de tiempo de inmersión. Los resultados indicaron que la pérdida de vitamina C al vacío (43,2%) fue menos de la mitad de la que se pierde a presión atmosférica (93,8%) y que se presenta una reducción en la producción de acrilamida del 83,14% al vacío. Las características sensoriales presentaron una diferencia significativa en cuanto al color y sabor siendo mejor calificada la fritura al vacío, sin encontrarse diferencia para el aroma y para la textura. Estos resultados estuvieron de acuerdo con los valores de las características fisicoquímicas: reducción del contenido de grasa, del contenido de humedad y fuerza de corte en un 52,8%, 48,8% y 38,6% respectivamente. Pudiendo concluir que el proceso al vacío genera mejores características sensoriales fisicoquímicas y nutricionales que el proceso a presión atmosférica.

Palabras Clave: fruta tropical, vitamina C, acrilamida, sabor color.

ABSTRACT

Sensory characteristics (texture, aroma, color and taste) of mango snacks obtained at atmospheric pressure and vacuum were evaluated by a semi-trained panel. Content of vitamin C and acrylamide, were determined by VISIBLE-UV. The process conditions were: atmospheric pressure, 175°C of temperature and 30s; 110°C under vacuum and 90s of immersion time. Results shows that the loss of vitamin C under vacuum (43,2%) was less than half of which is lost to atmospheric pressure (93,8%) and reduced the production of acrylamide, was reduced in 83,4% under vacuum. The sensory characteristics showed a significant difference in color and flavor being better qualified the vacuum frying, although no difference to the aroma and texture. These results

^{1,2}Candidato a Magister en Química, énfasis alimentos. Universidad del Quindío. rhvillamizar@uniquindio.edu.co

³Director Grupo de Investigación de Agroindustria de Frutas Tropicales, Laboratorio de diseño de nuevos productos. Universidad del Quindío. Carrera 15 Calle 12 norte Armenia.

agreed with the values of the physic-chemical characteristics: fat reduction, moisture content and breaking force in 52,8%, 48,8% and 38,6% respectively. It was concluded that vacuum frying generates better physic-chemical, sensory and nutritional characteristics than the atmospheric pressure process.

Key Words: tropical fruit, vitamin C, acrylamide, flavor, color.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Manguifera indica L.*) Es una fruta muy conocida y de alto consumo en zonas tropicales, de la cual existen diversas variedades como: *Tommy atkins*, *Haden*, *Manzana*, *Kent*, entre otros, su aporte nutricional esta representado en 100 g de pulpa por: 0,7 g de proteína, 16,8 de carbohidratos totales, 10 mg de calcio, 13 de fósforo, 0,4 de hierro, 7 de sodio, 189 de potasio, 4800 UI de vitamina A, 0,05 mg de Tiamina, 0,05 de Riboflavina, 1,1 de Niacina, 35 de Ácido ascórbico (Villamizar y Giraldo 2010). El mango se consume en fresco, jugos, mermeladas, pasabocas secos, pasabocas en gel, entre otros (Apinya et al. 2006; Corzo et al. 2008). En Colombia el área de producción asciende a 18000 hectáreas con una producción estimada de 158000 toneladas, cultivadas en los departamentos de Tolima, Antioquia, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Cesar, Cundinamarca y Huila (Agronet 2011).

La fritura es una operación ampliamente utilizada en la industria alimentaria, durante la cual, el alimento se sumerge en un baño de aceite a una temperatura por encima del punto de ebullición del agua, generando un intercambio de agua por aceite (Bouchon et al. 2003), produciendo cualidades organolépticas (color, textura y sabor) apreciadas por los consumidores. Además, se presentan efectos indeseables derivados de las altas temperaturas que participan en el proceso de fritura y la exposición al oxígeno como la degradación

de importantes compuestos nutricionales y la generación de moléculas tóxicas como la acrilamida (Fillion y Henry 1998), alrededor de 28 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Pedreschi et al. 2004). Una alternativa para disminuir los efectos indeseables es reducir la presión de fritura y trabajar en condiciones de vacío reduciendo el punto de ebullición del agua para eliminarla a bajas temperaturas, disminuyendo el contenido de aceite en un 69,8% (Mir-Bel et al. 2009) y/o en un 80% (Yagua y Moreira. 2011). Se ha reportado que en los productos fritos al vacío se presenta una reducción del contenido de acrilamida, por ejemplo, del 94% a 118°C, con resultados sensoriales deseables en textura y color. (Granda et al. 2004) y un incremento de la calidad organoléptica y nutricional (Shyu y Hwang 2001; Da Silva y Moreira 2008; Troncoso et al. 2009).

La acrilamida es un probable carcinógeno en los humanos y se puede encontrar en algunos alimentos fritos y horneados, sobre todo papas fritas y papas a la francesa a niveles apreciables (30 - 2300 $\mu\text{g kg}^{-1}$) (Rosen y Hellenäs 2002; Tareke et al. 2002). La acrilamida se forma durante el calentamiento a altas temperaturas (Becalski et al. 2003; Tareke et al. 2002). Se ha atribuido este hecho a las reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard), determinante del color deseable, sabor y aroma, producida debido a la reacción de la glucosa con aminoácidos comunes (Coughlin 2003; Mottram y Wedzicha 2002; Stadler et al. 2002; Weisshaar y Gutsche 2002; Zyzak et al.

2003). Cantidades significativas de acrilamida se forman por la temperatura alta en la reacción de la glucosa con los aminoácidos comunes (asparagina), (Coughlin 2003).

Las investigaciones reportan una alta estabilidad de las vitaminas hidrosolubles por fritura, cuando se compara con métodos de cocción como ebullición, una de las teorías dadas es que esta estabilidad se debe a que en la fritura, los tiempos de fritura son muy cortos, y la costra dura que se forma retiene parte de los líquidos del alimento. (Han et al. 2004).

El análisis sensorial del alimento es una evaluación por medio de los sentidos, utilizando la influencia de estos (vista, olfato, tacto, gusto), en el estudio y determinación de algunas cualidades como lo son textura, sabor, color y aroma. El análisis sensorial, ha sido utilizado con éxito para la comparación de los atributos de sabor y olor en los productos alimenticios (Krumbein y Auerswald 2000; Langourieux et al. 2000).

El objetivo de este estudio fue comparar y analizar las características sensoriales de un pasabocas frito (textura, color, aroma y sabor) junto con su contenido de vitamina C y acrilamida, en los pasabocas fritos al vacío y a presión atmosférica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron mangos tomy atkins (*Manguiфера indica L.*) de alrededor de 6 a 8 días de cosecha (14 - 15°Brix), adquiridos en un mercado local de la ciudad de Armenia (Quindío), a una presión barométrica de 640 mmHg. El desarrollo experimental fue realizado en el

laboratorio de desarrollo de nuevos productos de la universidad del Quindío.

Elaboración de la pasta

Basado en resultados preliminares de la caracterización, los mangos fueron lavados, pelados y despulpados, se tomaron 230 gramos de pulpa, se homogenizó agitándose por un minuto hasta puré. Se le adicionó 20% en peso de una mezcla de almidón y harina de trigo. La mezcla se homogenizó y se colocó en moldes circulares de 2 mm de espesor y 4 cm de diámetro. Se refrigeró a 7°C y 21% de HR, durante 48 horas.

Proceso de fritura

Pasta refrigerada se sometió al proceso de fritura en un equipo de vacío (J.P Selecta S.A), con capacidad de aceite de 250 mL junto con un sistema mecánico para la inmersión. La oleína de palma se llevó a la temperatura de proceso (110°C), se ajustó a presión de vacío de 0,5 bar, se sumergió la pasta y se frito durante un periodo de 90s. También, de la pasta preparada se sometió parte al proceso de fritura en una freidora a presión atmosférica (Betty "G" modelo CF53). La oleína de palma alcanza una temperatura de proceso de 175°C, se sumergió la pasta y se frito durante un período de 30s. Se tuvo en cuenta la relación (pasta: aceite) de 1:1,5 p/v.

Análisis físico-químico (Humedad, Aw, grasa, color, textura, vitamina C, acrilamida)

El contenido de humedad de los pasabocas, se realizó en una estufa de secado al vacío a 60°C (J.P Selecta S.A) de acuerdo con el método de la (AOAC 1980).

$$\% \text{Humedad (bh)} = \frac{\text{peso muestra} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso muestra}} \cdot 100$$

Las determinaciones de la aw, se realizaron a temperatura de 24°C, empleando para ello un higrómetro de punto de rocío AquaLab (modelo series 3 TE) marca Decagon, con 0,001 de sensibilidad.

La determinación del color, se realizó con un colorímetro (Minolta CR - 10) para evaluar cambios en el pasabocas con respecto al color, mediante el sistema CIELAB, con iluminante D65 y 10° para el observador. Tomando los valores de las coordenadas L* (oscuro - claro), a* (verde - rojo), b* (azul - amarillo) y calculando ΔE. Tomando como la muestra estandar el color de la pasta.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

Donde:

L* : Valor L* muestra del tratamiento

L₀* : Valor L* muestra estándar

a* : Valor a* muestra del tratamiento

a₀* : Valor a* muestra estándar

b* : Valor b* muestra del tratamiento

b₀* : Valor b* muestra estándar

Para determinar la fuerza de corte necesaria en el pasabocas, se utilizó un analizador de textura (TA . XT. Plus) en modo de compresión con fuerza de 5 g y distancia de 3 mm, con una velocidad de 10 mm s⁻¹.

El contenido de grasa en la pasta y los pasabocas, se determinó utilizando un detector de grasas (DET - GRAS P SELECTA), mediante el método DG - 01(sin hidrólisis).

$$\% \text{ grasa} = \frac{\text{peso de vaso con grasa} - \text{peso de vaso vacío}}{\text{peso muestra}} \times 100$$

La viscosidad de la mezcla homogénea (puré de mango y almidón), se determinó en un viscosímetro rotacional P SELECTA de referencia ST 2010 con husillo L3 a 10 rpm y una temperatura de ± 24°C para muestras de 300 ml.

La densidad de la mezcla homogénea (puré de mango y almidón), se hizo por el método gravimétrico utilizando un picnómetro de 5 ml y una balanza analítica.

Para el contenido de vitamina C, se toman 1,5 gr de pasabocas, se pulverizan y se diluyen en 20 ml de agua destilada, para luego seguir con la determinación por el método colorimétrico de la 2 - Nitroanilina (Bernal 1998). Se realizaron muestras por triplicado para cada condición.

Para el contenido de Acrilamida, se tomó un gramo de muestra, se pulverizó y diluyó en 10 mL de etanol anhidro con agitación constante durante 15 min, se dejó sedimentar entonces por 20 min y se dejó decantar, se tomó un mL de la solución y llevó hasta 10 ml con etanol. Para la cuantificación de acrilamida, se construyó una curva de acrilamida en etanol para longitud de onda de 203 nm, utilizando un espectrofotómetro UV-VIS (HEWLETH PACKARD 8453). Las lecturas se realizaron por triplicado.

Análisis sensorial

El análisis se realizó empleando un panel de 7 jueces semientrenados, comparando primero las características sensoriales de cada pasabocas contra un producto comercial (mango deshidratado en el laboratorio para color, aroma y sabor y una galleta SALTINAS NOEL para la textura), luego se compararon entre sí. Se utilizó un test de valoración numérica, en donde se definió primero la característica que

se mide y se fijaron grados sucesivos que van desde "mejor" a "peor", en relación a calidad (Wittig 2001). La valoración se asignaba entre -2 y 2, siendo 2 el mejor y -2 el peor, y 0 la asignación al producto comercial.

Análisis estadístico

Los datos para el análisis fueron organizados utilizando el sistema STATGRAPHICS PLUS 5.1. Evaluando el efecto sobre las características organolépticas del pasabocas en los diferentes tratamientos, los posibles efectos fueron direccionados utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con base en el siguiente estadístico de prueba (H) para una significancia ($p < 0,05$):

$$H = \frac{12}{N * (N + 1)} * \frac{\sum R_i^2}{n_i} - 3 * (N - 1)$$

Donde:

H: Estadístico de Prueba

N: Número total de datos

$\sum R_i^2$: Sumatoria de Rangos por tratamiento al cuadrado

n_i : Número de datos por tratamiento

Y se acepta la Hipótesis alternativa (H_1) de diferencia significativa entre tratamientos si:

$$H \geq \chi^2 \alpha (k - 1)$$

Donde

$\chi^2 \alpha (k-1)$: Prueba Chi cuadrado

k: Número de Tratamientos

También se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos sobre las características del pasabocas a presión atmosférica. Estos efectos fueron direccionados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para una significancia

($p < 0,05$), aplicando un diseño experimental en arreglo factorial desbalanceado 3x5, cuyos factores fueron Temperatura (niveles 175, 180 y 185°C) y Tiempo (niveles 30, 45, 60, 75 y 90 segundos), las variables de respuesta fueron porcentaje de humedad (bh), actividad de agua, contenido de grasa en porcentaje, color (ΔE) y Textura (Kg Fuerza), respectivamente.

Además, se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos sobre las características del pasabocas al vacío. Estos efectos fueron direccionados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para una significancia ($p < 0,05$). El diseño experimental utilizado fue del tipo arreglo factorial desbalanceado 5x3², donde fueron 5 niveles de Tiempo (30, 45, 60, 75 y 90 segundos), 3 niveles de Temperatura (100, 110 y 120°C) y 3 niveles de Presión de vacío (0,4, 0,5 y 0,6 bar)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del mango y la pasta de mango
 Los análisis del mango fresco utilizado se presentan con un contenido de humedad en base húmeda de $87,45 \pm 2,15\%$, actividad de agua $0,986 \pm 0,003$, °Brix $14,26 \pm 0,38$, fuerza de corte $3,93 \pm 0,060 \text{ Kg}_f$, contenido de grasa $0,00169 \pm 0,00018\%$, características adecuadas para la preparación de la pasta. El puré obtenido del mango caracterizado se mezcló con almidón obteniéndose una mezcla homogénea con viscosidad de $12073,7 \pm 203,8 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, densidad de $1,052 \pm 0,013 \text{ g cc}^{-3}$ y $13,8 \pm 0,339 \text{ °Brix}$, estos valores serán variables de control del proceso, favoreciendo el moldeo y deshidratación por refrigeración, con la cual se obtuvo con las siguientes características: $17,93 \pm 1,1981\%$ de humedad

(bh), a_w de $0,644 \pm 0,0395$, una fuerza de corte de $0,161 \pm 0,0404$ Kg_f y un contenido de grasa del $0,304 \pm 0,0013\%$. con estas características la fritura se puede realizar a menor temperatura y tiempo.

Caracterización del Pasabocas

Los resultados de la caracterización de los pasabocas obtenidos de la fritura de la pasta a cada una de las presiones estudiadas se presentan en la tabla 1.

Dichos resultados (Villamizar y Giraldo 2010; Villamizar 2011) muestran que las mejores características fisicoquímicas se presentan en los pasabocas elaborados al vacío debido a que presenta menor contenido de humedad y menor contenido de grasa, no se presentan diferencias significativas en la fuerza de corte, y entre menor sea la diferencia de color con el patrón, mejor es el pasabocas. Para el caso de la a_w , es mayor a $P_{vacío}$, sin embargo su valor garantiza una seguridad microbiológica.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del pasabocas de mango

PRESION (bar)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (s)	HUMEDAD (%)	ACTIVIDAD DE AGUA (a_w)	GRASA (%)	COLOR (ΔE)*	TEXTURA (kg _f)
0,5	110	90	$1,25 \pm 0,303$	$0,342 \pm 0,0014$	$9,4995 \pm 0,874$	$19 \pm 1,563$	$0,2563 \pm 0,0057$
Atmosférica 0,853	175	30	$2,443 \pm 0,11$	$0,3067 \pm 0,0026$	$20,11 \pm 1,22$	$30,73 \pm 0,83$	$0,27 \pm 0,089$

*los valores de referencia son los de la pasta.

Contenido de vitamina C y comportamiento de la acrilamida

En la figura 1, se presenta el comportamiento del contenido de vitamina C y de acrilamida en los pasabocas obtenidos a las dos condiciones de proceso evaluadas.

Se observa que para el tratamiento al vacío, el contenido de vitamina C presenta una pérdida

del 43,2% con relación a la composición de la pasta, al relacionar este valor con el del tratamiento a presión atmosférica, es apreciable como técnica para conservar la vitamina C en frituras, debido a que a presión atmosférica se pierde el 93,8%. Este resultado se presenta por que al trabajar al vacío la temperatura interna de la del pasabocas es menor de 100°C (0,5 bar de presión de vapor del agua su temperatura

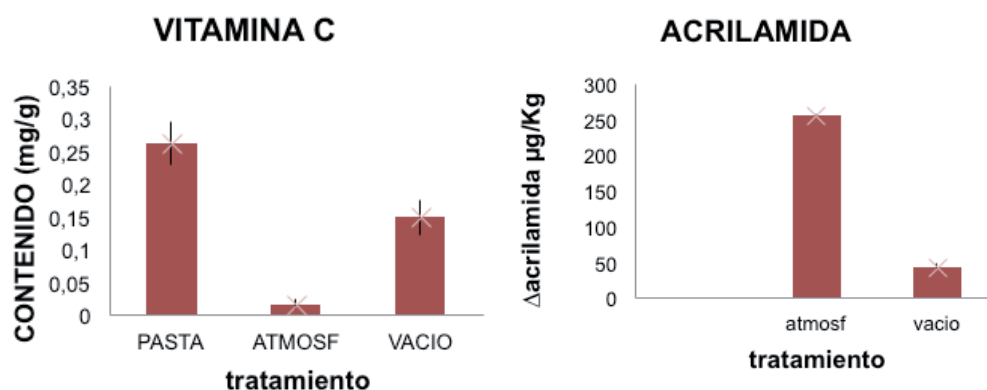


Figura 1. Contenido de vitamina C y de acrilamida en los pasabocas de mango

es 80°C, según tablas de vapor) evitando la degradación de las vitaminas.

Por lo anterior el pasaboca al vacío puede ser rotulado como una buena fuente de vitamina C, ya que si se consume una porción de 60 g de pasaboca al día se estarían consumiendo 8,4 mg/día de vitamina C, que equivale al 14% del valor diario de referencia (%VDR) en Colombia (Resolución 288 de 2008).

Los tratamientos muestran que el incremento de la acrilamida para el pasabocas a presión atmosférica fue alrededor de $254,89 \pm 0,3 \mu\text{g kg}^{-1}$, siendo muy significativa su diferencia al compararlo con el incremento de la acrilamida en el tratamiento al vacío ($43,04 \pm 4,29 \mu\text{g kg}^{-1}$). Estos resultados confirman lo reportado por Tareke et al. (2002); Granda et al. (2004)

donde temperaturas de fritura mayores de 120°C generan acrilamida en el producto y tratamientos al vacío reducen la producción de acrilamida.

Análisis sensorial

La figura 2 presenta el resultado del análisis sensorial en cuanto a aroma, color, sabor y textura de los pasabocas fritos a presión atmosférica (muestra 1) y pasabocas fritos al vacío (muestra 2) referidos al producto comercial.

El análisis sensorial realizado a cada uno de los pasabocas y comparados con el producto comercial cuyo valor fue de 0 en una escala entre -2 y 2, presenta diferencias altamente significativas en el color y el sabor (p-valor <0,05) favoreciendo al pasabocas hecho al vacío ya que su valor es mayor que el del

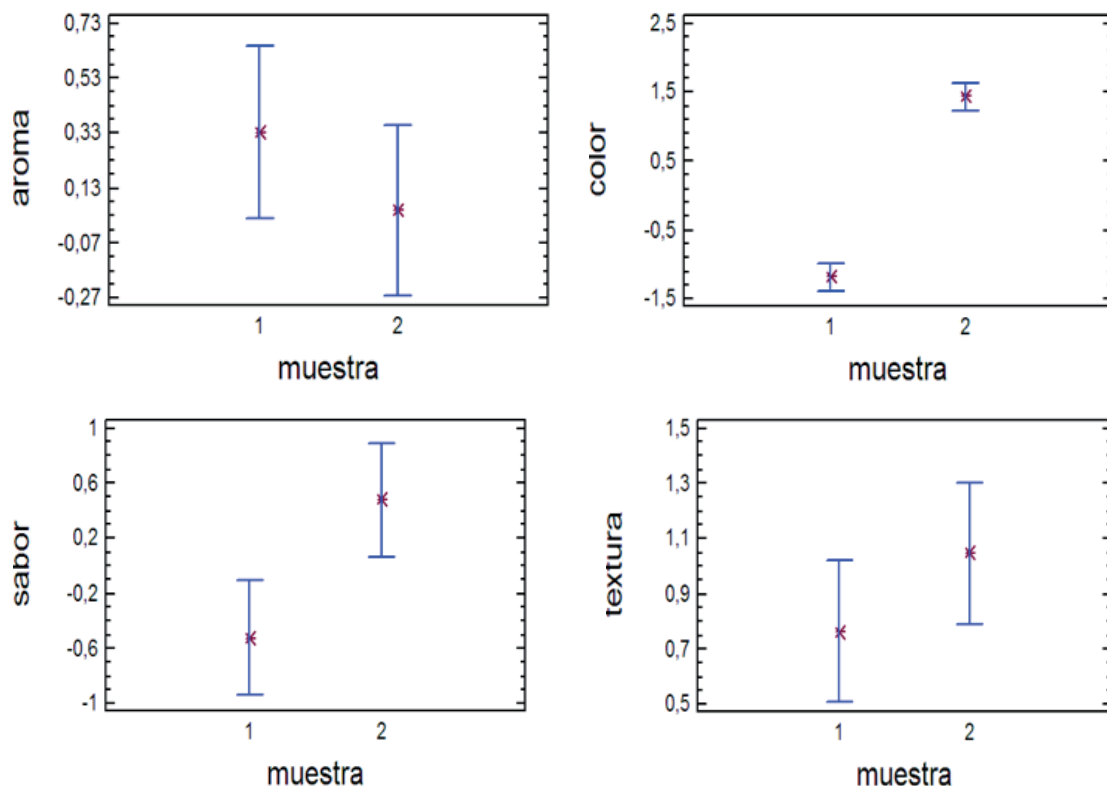


Figura 2. Parámetros evaluados al pasabocas de mango con referencia a la galleta y al mango deshidratado (1: atmosférico, 2: al vacío)

comercial. En cuanto al aroma y la textura no se presenta una diferencia significativa (p – valor $> 0,05$) mostrando que para los jueces estos parámetros son similares para ambas clases de pasabocas, siendo mejor la textura de ambos con respecto al comercial.

En la figura 3 se presenta el resultado del análisis sensorial al comparar directamente las dos clases de pasabocas entre si, muestra 1 pasabocas a presión atmosférica y muestra 2 pasabocas al vacío. Este resultado es coherente con lo expresado anteriormente, hay una gran significancia para el color y sabor (p – valor

$< 0,05$), mostrando una preferencia para el pasabocas hecho al vacío, en cambio para los parametro textura, no existe diferencia y estadisticamente no es significativo (p - valor $> 0,05$). Estando de acuerdo con los datos de la tabla 1, en donde se presenta menor diferencia de color para la presion de vacío, pero no se presenta una gran diferencia en relacion a la fuerza de corte entre el tratamiento al vacío y el hecho a presión atmosférica. Se podria catalogar al bajo contenido de grasa del pasabocas al vacío como responsable de su preferencia en cuanto a sabor.

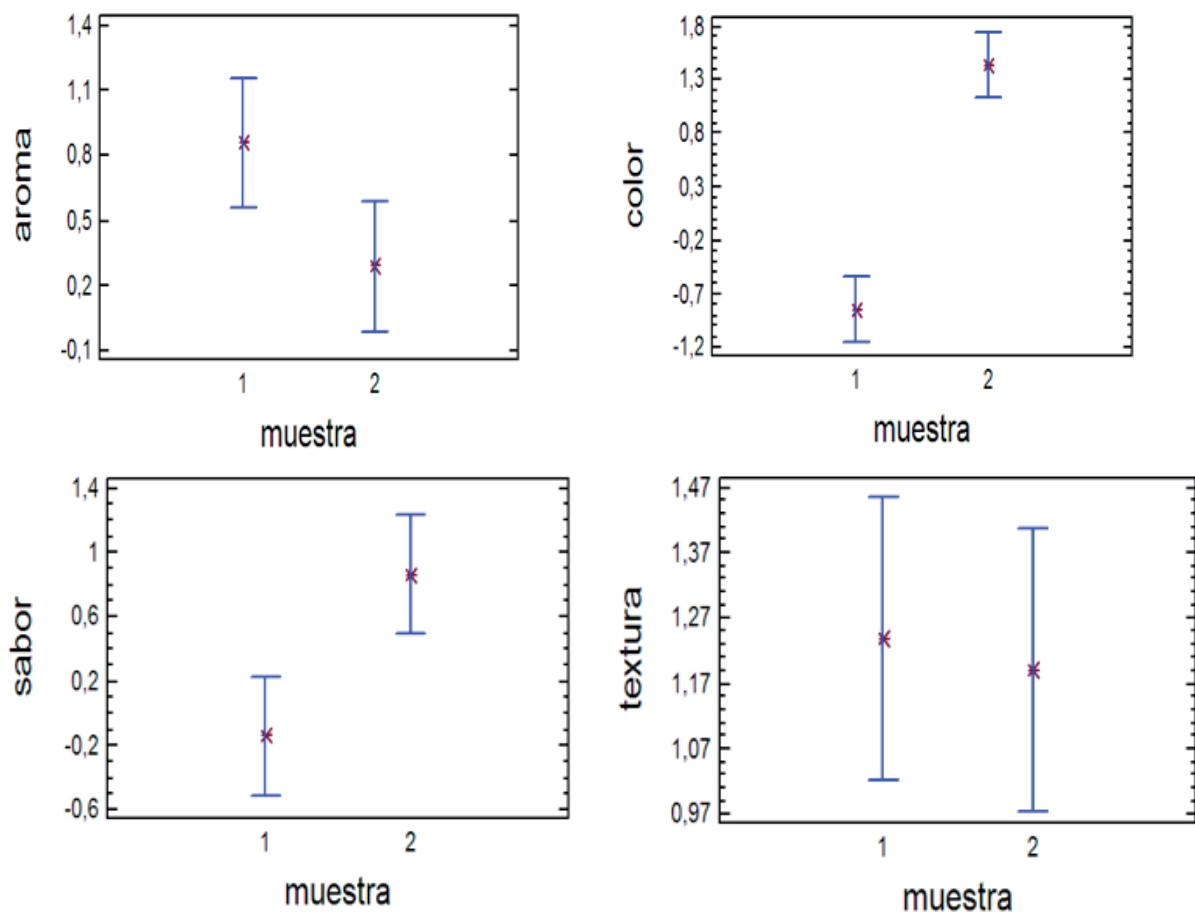


Figura 3. Parametros evaluados para cada pasabocas de mango (1: atmosférico, 2: al vacío)

CONCLUSIONES

Los resultados anteriores y su análisis muestran que el pasabocas frito al vacío a 110°C, 0,5 bar y 90 s es mejor que el pasabocas frito a 170°C, presión atmosférica y 30s, ya que:

Sus características fisicoquímicas mejoraron, presentándose una reducción de la fuerza de corte, el contenido de humedad y el porcentaje de grasa, disminuyendo la diferencia de color con el patrón, sin que se presente una gran diferencia en la a_w .

Sus características organolépticas como sabor y color fueron mejor calificadas por los panelistas tanto al compararlas con el producto comercial como al compararlas entre sí, manteniéndose su aroma y textura sin ninguna o muy poca diferencia.

Conserva el contenido de vitamina C en un 56,8%, valor superior al proceso a presión atmosférica (6,2%) y reduce la producción de acrilamida en un 83%.

REFERENCIAS

- Agronet. 2011.** CORPOICA identifica los mejores mangos criollos para mercado interno y exportación. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, www.agronet.gov.co [13 julio 2011].
- AOAC Official Methods of Analysis. 1980.** Método oficial 20.013. Humedad en plantas. Métodos oficiales de análisis AOAC. Internacional.
- Apinya, E., Tipvanna, N. y Ray, J. W. 2006.** Comparing sensory methods for the optimisation of mango gel snacks. *Food Quality and Preference* 17(8):622-628.
- Becalski, A., Lau, B., Lewis, D. y Seaman, S. 2003.** Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(3):802-808.
- Bernal, I. 1998.** Análisis de Alimentos. Colección Julio Carrisoza Valenzuela No. 2. Tercera edición. Bogotá, p114-116.
- Bouchon, P., Aguilera, J., y Pyle, D. 2003.** Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science* 68(9):2711-2716.
- Corzo, O., Bracho, N. y Álvarez, C. 2008.** Water effective diffusion coefficient of mango slices at different maturity stages during air drying. *Journal of Food Engineering* 87(4):479-484.
- Coughlin, J. 2003.** Acrylamide: what we have learned so far. *Food Technology* 57(2):100.
- Da Silva, P. y Moreira, R. 2008.** Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *Food Science and Technology* 41(10):1758-1767.
- Fillion, L., y Henry, C. 1998.** Nutrient losses and gains during frying. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49(2):157-168.

- Granda, C., Moreira, R. y Tichy, S. 2004.** Reduction of acrylamide formation in Potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of Food Science* 69(8):405-411.
- Han, J., Kozukue, N., Young, K., Lee, K. y Friedman, M. 2004.** Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(21):6516-6521.
- Krumbein, A. y Auerswald, H. 2000.** Aroma volatiles in tomato varieties-instrumental, sniffing and quantitative descriptive analysis. In: Schieberle P, Engel KH, editors. *Frontiers of flavor science*. Garching, Germany: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. p 51-55.
- Langourieux, S., Perren, R. y Escher, F. 2000.** Influence of processing parameters on the aroma of dry-roasted hazelnuts. In: Schieberle P, Engel KH, editors. *Frontiers of flavor science*. Garching, Germany: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. p 527-535.
- Mir-Bel, J., Oria, R. y Salvador, M. 2009.** Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal of Food Engineering*. 95(3):416-422.
- Mottram, D. y Wedzicha, B. 2002.** Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419(6906):448-449.
- Pedreschi, F., Kaack, K. y Gramby, K. 2004.** Reduction of acrylamide formation in potatoes slices during frying. *LWT – Food Science and Technology* 37(6):679-685.
- Rosen, J. y Hellenäs, K. 2002.** Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst* 127(7):880-882.
- Shyu, S. y Hwang, L. 2001.** Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International* 34(2-3):133-142.
- Stadler, R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J. y Guy, A. 2002.** Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419:449-450.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. y Tornqvist, M. 2002.** Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated food-stuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17):4998-5006.
- Troncoso, E., Pedreschi, F. y Zúñiga, R. 2009.** Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologies-Food Science and Technology* 42(1):187-195.
- Villamizar R. y Giraldo G. 2010.** Obtención y caracterización de un pasabocas a partir de una pasta a base de mango mediante fritura por inmersión. *Revista Tumbaga* 1(5):149-164.

- Villamizar R. 2011.** Elaboración de un pasaboca de mango Tommy Atkins (*Manguifera indica* L.) por el método de fritura por inmersión. Tesis de Magister en Química Universidad del Quindío. Armenia.
- Weisshaar, R., y Gutsche, B. 2002.** Formation of acrylamide in heated potato products – model experiments pointing to asparagines as precursor. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 98:397-400.
- Wittig de Penna, E. 2001.** Evaluación Sensorial Una metodología actual para tecnología de alimentos. Edición Digital reproducida con autorización del autor. Biblioteca digital de la Universidad de Chile. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html [10 noviembre 2010].
- Yagua, C. y Moreira, R. 2011.** Physical and Thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering* 104(2):272-283.
- Zyzak, D., Sanders, R., Stojanovic, M., Tallmadge, D., Ebehart, L. y Ewald, D. 2003.** Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:4782-4787.