

ALMACENAMIENTO DE MANGO SECADO: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, MICROBIOLÓGICO, COLOR Y SENSORIAL STORAGE OF DRIED MANGO: PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, COLOR AND SENSORY ANALYSIS

R. C. Reis , A. M. Ramos , A. J. Regazzi , V. P. R. Minim & P. C. Stringueta

To cite this article: R. C. Reis , A. M. Ramos , A. J. Regazzi , V. P. R. Minim & P. C. Stringueta (2006) ALMACENAMIENTO DE MANGO SECADO: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, MICROBIOLÓGICO, COLOR Y SENSORIAL STORAGE OF DRIED MANGO: PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, COLOR AND SENSORY ANALYSIS, CYTA - Journal of Food, 5:3, 214-225, DOI: [10.1080/11358120609487694](https://doi.org/10.1080/11358120609487694)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/11358120609487694>



Copyright Taylor and Francis Group, LLC



Published online: 02 Oct 2009.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 1000



Citing articles: 3 View citing articles [↗](#)

ALMACENAMIENTO DE MANGO SECADO: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, MICROBIOLÓGICO, COLOR Y SENSORIAL

STORAGE OF DRIED MANGO: PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, COLOR AND SENSORY ANALYSIS

Reis, R. C.; Ramos, A. M.^{*1}; Regazzi, A. J.²; Minim, V. P. R.¹; Stringueta, P. C.¹

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa. Rua PH Rolfs, s/n, Campus Universitário. 36571-000. Viçosa, Minas Gerais. Brasil.

²Departamento de Informática. Universidade Federal de Viçosa. Rua Ph Rolfs, s/n, Campus Universitário. 36571-000. Viçosa, Minas Gerais. Brasil.

Recibido/Received 16-12-2005; aceptado/accepted 24-05-2006

*Autor para la correspondencia. E-mail: amramos@ufv.br

Abstract

Mango slices dehydrated at 60 and 70 °C were vacuum-packed in PVDC and PETmet/PE and evaluated by means of physicochemical, colorimetric, carotenoid content, microbiological and sensorial analyses along 120 storage days at room temperature (25 + 5 °C) and sunlight. Color was altered during storage, as verified through the coordinates L*, a* and b* and total carotenoid content. A greater red intensity reduction (coordinate a*) was verified in the PETmet/PE packed product. Carotenoids degradation was similar for the four products regarding drying temperature (60 and 70 °C) and type of packing (PETmet/PE and PVDC) combination used, following a first order reaction. Pigment half-life time ($t_{1/2}$) was 56.35 days. Sensorial acceptance of the four products was evaluated at 60 and 120 days of storage for the attributes color and flavor. The dehydrated product at 60 °C and packed in PETmet/PE was the least accepted for both attributes. On the other hand, the PVDC packed products were the best accepted for both attributes, being therefore the favorite after 120 days of storage.

Resumen

Laminas de mango secado a 60 y 70 °C fueron envasadas a vacío en PVDC y PETmet/PE y evaluadas mediante análisis físico-químico, colorimétrico, contenido de carotenoides, microbiológico y sensorial durante 120 días de almacenamiento a temperatura ambiente (25 + 5 °C) y bajo luz natural. El color se modificó durante el almacenamiento, siendo verificada por las coordenadas L*, a*, b* y el contenido de carotenoides totales. Se observó una reducción considerable en la intensidad del rojo (coordenada a*) en el producto envasado en PETmet/PE. La degradación de los carotenoides fue la misma para los cuatro productos sin importar la combinación de temperatura de secado (60 y 70 °C) y envase utilizado (PETmet/PE y PVDC), siguiendo una reacción de primer orden. El tiempo de vida media ($t_{1/2}$) del pigmento fue de 56,35 días. La aceptación sensorial de los cuatro productos fue evaluada, en los tiempos 60 y 120 días de almacenamiento, para los atributos color y sabor. El producto secado a 60 °C y envasado en PETmet/PE fue el menos aceptado para los dos atributos evaluados; mientras que los productos envasados en PVDC fueron lo más aceptados con relación a los dos atributos después de 120 días de almacenamiento.

Keywords: mango, color, carotenoids, sensorial analyses and preference map

Palabras clave: mango, color, carotenoides, análisis sensorial y mapa de preferencia

INTRODUCCIÓN

El mango es considerado uno de los frutos tropicales más importantes por su sabor, coloración y aroma característicos y atrayentes. Es rico en vitamina A (carotenoides), vitamina C y presenta pequeñas cantidades de vitaminas del complejo B (Cardello y Cardello, 1998; Ribeiro y Sabaa-Srur, 1999).

Las frutas secadas son consideradas ingredientes naturales, nutritivos y con bajo contenido de grasa pudiendo ser adicionados en muchos productos como

galletas, cereales en barra y mezclas secas para pasteles, entre otros (Sarantópoulos *et al.*, 2001). Una de las ventajas del secado de frutas es la considerable reducción del peso y volumen, disminuyendo drásticamente costos de envasado, transporte y almacenamiento.

Sin embargo, el uso de frutas secas presenta algunos problemas como la necesidad de aumentar la estabilidad de ese producto durante el almacenamiento, buscando una mayor vida de anaquel, siendo por tanto, importante estudiar el mecanismo y los principios generales de la cinética de degradación de los principales componentes

del alimento responsable por su aceptación. Los carotenoides son importantes constituyentes del mango no solo por ser el pigmento que caracteriza su color, si no también por su valor nutricional ya que son precursores de la vitamina A. La preservación de ese pigmento en alimentos ha atraído la atención de diversos investigadores (Purcell y Walter, 1968; Chou y Breene, 1972; Berset y Caniaux, 1983; Park, 1987; Pérez y Mínguez, 2001). La cinética de degradación de carotenoides sigue una reacción de primer orden y otros estudios muestran que además de la degradación de carotenoides, hay un número grande de interacciones entre los constituyentes de los alimentos responsables por su conservación durante el almacenamiento, como por ejemplo, presencia de antioxidantes, contenido de agua, actividad de agua y presencia de ácidos grasos, entre otros (Goldman *et al.*, 1983). Las reacciones enzimáticas y de oscurecimiento no-enzimático son factores de deterioración que también deben ser considerados.

La evaluación del grado de alteración del color en alimentos puede ser realizada de diferentes formas. Una de ellas es el uso de paneles sensoriales que reflejen la percepción visual y la aceptación del producto. El control de calidad que se lleva a cabo en las industrias en forma rutinaria exige una respuesta más rápida y directa, substituyendo la evaluación humana por análisis químicos y colorimétricos (Berset y Caniaux, 1983).

La determinación del contenido de pigmentos puede indicar la magnitud de los daños del alimento durante el procesamiento y almacenamiento. Sin embargo, no proporciona información sobre el estado físico del producto, especialmente si la distribución del color no es uniforme en la superficie del alimento o cuando surgen coloraciones adicionales, como pigmentaciones oscuras que resultan de las reacciones de oscurecimiento. En contraste, las medidas instrumentales del color son técnicas sencillas y se utilizan como un medio de obtener medidas válidas y objetivas del color (Berset y Caniaux, 1983).

El sistema de coordenadas CIE lab y Hunter son los de mayor importancia para medida instrumental. De acuerdo con los conceptos del CIE, el ojo humano posee tres receptores de color (rojo, verde y azul) y todos los otros colores son combinaciones de éstas (Abbott, 1999). El método propuesto por CIE, definido en 1976, se basa en un espacio tridimensional de modo que cada color es representado por un único punto en ese espacio. Y está definido por las coordenadas $L^* a^* b^*$, donde L^* representa la luminosidad en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco); a^* representa una escala de tonalidades de rojo (0+a) a verde (0-a) y b^* representa una escala de tonalidades de amarillo (0+b) a azul (0-b).

Debido la conveniencia y facilidad de usar medidas de color en lugar de métodos químicos, diversos estudios han relacionado coordenadas de color con el contenido de pigmentos en diferentes alimentos (Berset y Caniaux, 1983; Amen y Wilson, 1997; Mónica *et al.*, 1994; Pesek y

Warthesen, 1987; Lee, 2000; Arias *et al.*, 2000); Lee y Coates, 2002). El análisis de humedad, acidez y actividad de agua deben ser realizados para verificar la eficiencia del envase para proteger el producto. La absorción de humedad ocasiona alteraciones en la textura y aumenta la actividad de agua, favoreciendo reacciones de oxidación, enzimáticas, no-enzimáticas y el crecimiento de microorganismos, acelerando la deterioración del producto. Para conservar las características de la fruta y aumentar la vida de anaquel deben usarse envases adecuados, siendo los materiales flexibles plásticos una excelente opción. En el caso de productos secados algunas alternativas son el PVDC (polivinildicloro), laminados de PET/PE (polietileno tereftalato + polietileno), películas con hoja de aluminio o metalizados como el PETmet/PE (polietileno tereftalato metalizado + polietileno) (Sarantópoulos *et al.*, 2001).

La aceptación o rechazo de un producto puede determinarse en base a atributos sensoriales como sabor, aroma y apariencia. El análisis de la aceptación refleja el grado de preferencia de determinado producto por el consumidor (Cardello y Faria, 2000). Cuando los datos de aceptación son analizados por técnicas estadísticas univariadas, se asume que todos los consumidores tienen el mismo comportamiento sin considerar la individualidad de cada uno (Polignano *et al.*, 1999). El Mapa de Preferencia Interno (MPI) es un procedimiento estadístico multidimensional que considera la individualidad del consumidor. Es un análisis de Componentes Principales e los datos de aceptación y preferencia son acomodados en una matriz de productos (en p líneas) e individuos (en n columnas). El resultado es un gráfico donde el conjunto de productos son representados por puntos y los consumidores por vectores, cuya dirección representa el crecimiento de la preferencia (Greenhoff y Macfie, 1994; Polignano *et al.*, 2000).

El objetivo del presente estudio fue evaluar las alteraciones fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales, colorimétricas y contenido de carotenoides totales en láminas de mango secados a 60 y 70 °C y envasadas en PVDC y PETmet/PE durante 120 días de almacenamiento, así como determinar una correlación entre el contenido de carotenoides totales y las coordenadas de color L^* , a^* y b^* .

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso de secado

Las láminas de mango fueron tratadas con 25 mg/L de ácido cítrico más 75 mg/L de ácido ascórbico durante 20 min para la inactivación enzimática (Reis *et al.*, 2005). El proceso de secado fue realizado con tres repeticiones para cada temperatura estudiada (60 y 70 °C) utilizando secadores de bandejas con una velocidad fija de aire (1 m/s), hasta un contenido de humedad de 15-20 % (b. h.).

Envases utilizados

Las muestras de mango seco fueron divididas en porciones de 50 g y envasadas al vacío (650 mmHg) en dos tipos de envase: polivinildicloro (PVDC) y polietileno tereftalato metalizado + polietileno (PETmet/PE). Fueron almacenadas a temperatura ambiente (25 ± 5 °C), humedad relativa media de 74 % y bajo luz natural por un período de 120 días.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones. Cuatro tratamientos fueron obtenidos a partir de las combinaciones de temperatura de secado (60 y 70 °C) y envase (PVDC (polivinildicloro) y PETmet/PE) utilizado durante el almacenamiento.

Análisis fisicoquímico

Evaluaciones fisicoquímicas del contenido de humedad, pH, acidez titulable y actividad de agua (a_w), se realizaron en triplicado, en el tiempo cero y cada 30 días, por un período de 120 días de almacenamiento. Una unidad (envase con 50 g de mango) referente a cada una de las combinaciones de temperatura de secado y envase, fue utilizada en cada tiempo para la realización de los análisis. La a_w se determinó a la temperatura de 20 °C por medio de un medidor de actividad de agua de marca AQUALAB, modelo CX2.

Para el análisis de los datos se utilizó el ANOVA y el análisis de regresión por medio del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. North Carolina USA, 1999) versión 8.0.

Análisis colorimétrico y carotenoides totales

El color se evaluó por duplicado en las muestras utilizándose un colorímetro modelo ColorQuest II (Sphere, Hunter Lab. Reston, VA), conectado a un PC provisto del software Universal. Las coordenadas medidas fueron L^* , a^* y b^* . La determinación de carotenoides totales fue realizada por duplicado, adaptándose la metodología descrita por Higby (1962). La absorbancia de la solución de carotenoides fue medida a 450 nm, utilizándose un espectrofotómetro ultravioleta/visible modelo Hitachi 2001U. El contenido de carotenoides totales, expresado en mg/100g de muestra fueron calculados utilizando la ecuación 1:

$$\text{Carotenoides totales (mg/100 g de muestra)} = \frac{A_{450} \times 100 \times f}{250 \times L \times W} \quad (1)$$

Donde el coeficiente de absortividad = 250 L/g cm;
 L = Longitud de la celda (cm); W = cantidad de muestra (g) en el volumen final de la dilución; f = factor de dilución.

Los datos del contenido de carotenoides totales, para cada tratamiento, fueron evaluados con regresión no

lineal utilizando el modelo exponencial $C = C_0 \exp(-kt + e)$ donde C_0 y C representan las concentraciones de carotenoides en los tiempos 0 y t , respectivamente y k es la constante de velocidad de reacción (tiempo^{-1}). El modelo se ajustó a los datos obteniéndose cuatro curvas correspondientes a cada combinación de temperatura de secado y envase utilizado. Para cada curva obtenida los parámetros C_0 y k fueron estimados y la prueba de Chi-cuadrada fue aplicada para verificar la igualdad de los parámetros y la identidad de los modelos (Regazzi, 2003). Así mismo, se estableció la correlación entre el contenido de carotenoides totales y las coordenadas L^* , a^* y b^* .

Análisis microbiológico

Para el análisis de coliformes totales y fecales se utilizó la técnica del número más probable (NMP). Las muestras fueron diluidas 1/10 y homogenizadas durante cinco minutos para preparar las diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en agua peptonada. Los tubos conteniendo 1 mL de cada dilución con 10 mL de caldo brillante fueron incubados a 37 °C por 48 h. Para hongos filamentosos y levaduras, alícuotas de 1 mL de cada dilución fueron sembradas en cajas Petri con medio papa-dextrosa-água, acidificado con 0,1 % ácido tartárico. La incubación se llevó a cabo a 25 °C por cinco días.

Los resultados fueron comparados con los estándares microbiológicos referentes a frutas secas y liofilizadas establecidos por la Resolución - RDC nº 12, de 2 de enero de 2001, de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria del Ministerio de Salud de Brasil (ANVISA, 2001).

Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio de Análisis Sensorial del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Federal de Viçosa. Se llevaron a cabo ensayos de aceptación donde los atributos sensoriales de color y sabor fueron evaluados por 53 jueces no entrenados utilizando escala hedónica de nueve puntos. Todos los jueces probaron las cuatro muestras (P1, P2, P3, P4) correspondientes a la temperatura de secado (60 y 70 °C) y el tipo de envase (PVDC y PET met/PE), a los 60 y 120 días de almacenamiento, en tres repeticiones. Las pruebas fueron conducidas en cabinas individuales, bajo luz blanca. Las muestras fueron codificadas con números de tres dígitos y servidas individualmente a la temperatura ambiente, en vasos de 50 mL conteniendo aproximadamente 1 g de mango seco.

Para obtención del Mapa de Preferencia Interno los datos de aceptación fueron organizados en una matriz de tratamientos (en líneas) y consumidores (en columnas) y sometidos al Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de la matriz de covarianza, utilizándose el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. North Carolina. USA. 1999) versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alteraciones fisicoquímicas durante el almacenamiento

La Tabla 1 presenta los valores promedio obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del mango después del secado (tiempo cero) y envasados en PVDC y PETmet/PE, por 120 días. El análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa ($p > 0,01$) entre los tratamientos para las variables en estudio. Sin embargo, el efecto del tiempo fue significativo para las variables pH y a_w , ($p < 0,01$) por lo que los modelos de regresión fueron ajustados para ambas variables (Tabla 2).

El pH final permaneció entre 4,38 y 4,55; siendo ideal para minimizar el oscurecimiento enzimático considerando que el pH óptimo para la actividad de la enzima se encuentra entre 6,0 y 7,0 (Araújo, 1999). Sin embargo, la a_w sufrió un aumento significativo ($p < 0,01$) durante el tiempo de almacenamiento, pero los valores finales se mantuvieron entre 0,552 y 0,627, caracterizando el producto como de baja actividad de agua ($a_w \gg 0,6$) estable microbiológicamente (Uboldi Eiroa, 1981).

La acidez sufrió ligeras modificaciones durante el almacenamiento, sin embargo no fueron significativas (P

$> 0,01$). Por otro lado, el contenido de humedad constante durante el almacenamiento demostró la eficiencia de los envases como barreras al vapor de agua.

Alteraciones colorimétricas

El valor de L^* (Figura 1) disminuyó entre 8 y 9,3 % por efecto del tiempo de almacenamiento para todos los productos. Esta disminución se relaciona directamente con el aumento del oscurecimiento no enzimático (Sapers y Douglas, 1987), siendo más acentuado después de 60 días de almacenamiento. De acuerdo a Wong y Stanton (1993) esta reacción ocurre lentamente a la temperatura ambiente ocasionando un oscurecimiento significativo después de 10 semanas.

Algunas reacciones oxidativas también pueden contribuir para la reducción de la luminosidad. De acuerdo a Bolin y Steele (1987), un 60 % - 70 % del oscurecimiento no enzimático ocurre debido a esas reacciones y solamente un 20 % - 30 % se debe a las reacciones no oxidativas. La polimerización de compuestos fenólicos también es un factor que promueve el oscurecimiento y por consecuencia, la disminución en el valor de la coordenada L^* (Beveridge y Weintraub, 1995).

Tabla 1.- Valores medios de las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de mango seco a 60 y 70 °C, envasadas en PETmet/PE y PVDC.

Table 1.- Mean value of physicochemical properties as a function of the storage time of dehydrated mango at 60 and 70 °C, packed in PETmet/PE and PVDC.

Tiempo (días)	Temperatura de secado y envase utilizado	pH	Acidez (% ácido cítrico)	Humedad (% b.h.)	a_w
0	60 °C	4,40 ± 0,62	1,78 ± 0,79	16,58 ± 1,64	0,552 ± 0,012
	70 °C	4,57 ± 0,23	1,52 ± 0,26	16,27 ± 0,47	0,560 ± 0,014
30	60° C + PETmet/PE	4,48 ± 0,57	1,79 ± 0,80	15,52 ± 0,71	0,555 ± 0,018
	60° C + PVDC	4,55 ± 0,50	1,58 ± 0,63	15,76 ± 0,24	0,579 ± 0,024
	70° C + PETmet/PE	4,49 ± 0,30	1,59 ± 0,37	16,90 ± 0,46	0,598 ± 0,063
	70° C + PVDC	4,61 ± 0,30	1,43 ± 0,32	16,43 ± 1,49	0,595 ± 0,033
60	60° C + PETmet/PE	4,58 ± 0,52	1,57 ± 0,61	16,17 ± 1,02	0,627 ± 0,018
	60° C + PVDC	4,54 ± 0,49	1,65 ± 0,76	16,52 ± 1,26	0,620 ± 0,006
	70° C + PETmet/PE	4,65 ± 0,20	1,50 ± 0,43	16,28 ± 0,99	0,609 ± 0,022
	70° C + PVDC	4,62 ± 0,20	1,44 ± 0,46	15,66 ± 1,88	0,609 ± 0,006
90	60° C + PETmet/PE	4,60 ± 0,46	1,67 ± 0,61	16,31 ± 0,85	0,620 ± 0,027
	60° C + PVDC	4,58 ± 0,66	1,80 ± 0,82	16,31 ± 1,08	0,615 ± 0,013
	70° C + PETmet/PE	4,68 ± 0,14	1,73 ± 0,48	16,41 ± 0,51	0,625 ± 0,041
	70° C + PVDC	4,59 ± 0,14	1,85 ± 0,61	16,15 ± 1,41	0,605 ± 0,040
120	60° C + PETmet/PE	4,38 ± 0,35	1,93 ± 0,87	16,20 ± 1,19	0,614 ± 0,029
	60° C + PVDC	4,49 ± 0,43	1,67 ± 0,77	15,09 ± 0,90	0,605 ± 0,028
	70° C + PETmet/PE	4,55 ± 0,25	1,75 ± 0,53	15,76 ± 0,16	0,625 ± 0,003
	70° C + PVDC	4,54 ± 0,25	1,60 ± 0,23	15,69 ± 0,99	0,618 ± 0,016

Tabla 2.- Modelos de regresión lineal estimados para el pH y aw durante el almacenamiento de mango seco.**Table 2.-** Linear regression models estimated for pH and aw during storage of dehydrated mango.

Variables	Modelos de regresión estimados	Significancia de los modelos ($Pr>F$)	R^2
pH	$pH = 4,25 + 1,02 \cdot 10^{-2}t - 6,78 \cdot 10^{-5}t^2$	0,0053	0,969
a_w	$a_w = 0,539 + 1,79 \cdot 10^{-3}t - 9,68 \cdot 10^{-6}t^2$	0,0023	0,934

La Figura 2 muestra la variación de la intensidad del rojo (coordenada a^*) durante el almacenamiento. Se encontró una mayor disminución para la coordenada a^* en el producto envasado en PETmet/PE (24,83 y 24,50 %) comparado con el envasado en PVDC (17,22 % y 13,78 %), para 60 y 70 °C, respectivamente. El producto envasado en PETmet/PE presentó un menor oscurecimiento considerando que el incremento en la coordenada a^* está relacionado con la formación de compuestos de coloración marrón (Ibarz *et al.*, 1997). Por otro lado, la reducción en la intensidad del rojo puede estar asociada a la degradación de carotenoides.

La intensidad del amarillo (valor b^*) disminuyó un promedio de 29 % durante el almacenamiento en todos los productos estudiados como se muestra en la Figura 3. Pesek y Warthesen, (1987) reportaron un disminución de la coordenada b^* en jugo de tomate y zanahoria expuestos a la luz. Este comportamiento fue debido a la fotodegradación de los pigmentos amarillos, α - y β -carotenos.

Cinética de la degradación de carotenoides totales durante el almacenamiento

El contenido de carotenoides totales disminuyó durante el almacenamiento para todos los productos estudiados, siguiendo una reacción de primer orden (Figura 4). Distintos autores que estudiaron la oxidación de carotenoides observaron un comportamiento similar. Jarén-Galán y Mínguez-Mosquera (1999) estudiaron la cinética de degradación de carotenoides totales en oleoresina de pprika verificando que es una reacción de primer orden. El mismo resultado fue observado por Chou y Breene (1972) y Haralampu y Karel (1983) quienes estudiaron la degradación de β -caroteno expuesto al calor y oxidación.

Las curvas y las ecuaciones de regresión obtenidas del ajuste al modelo exponencial de cada combinación de temperatura de secado (60 y 70 °C) y envase utilizado (PETmet/PE y PVDC) se muestran en la Figura 4. El análisis estadístico no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre las cuatro curvas, por lo que se considera que la degradación de los carotenoides totales fue similar en todas las combinaciones de temperatura de secado y envase utilizado.

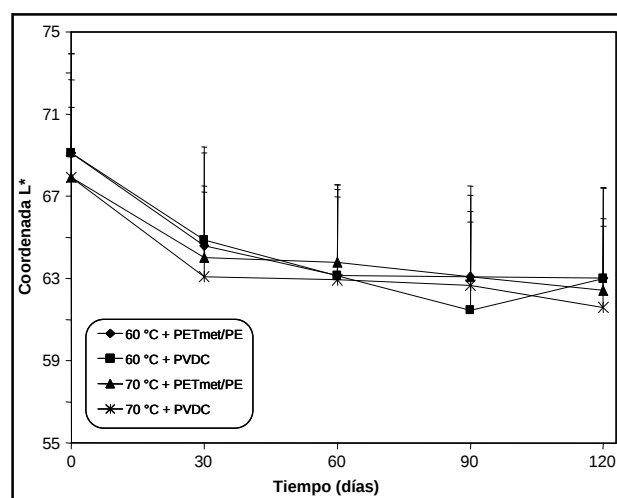
**Figura 1.-** Coordenada L^* (luminosidad) del mango seco a las temperaturas de 60 °C y 70 °C y envasada en PETmet/PE y PVDC durante el almacenamiento.

Figure 1.- Coordinate L^* (lightness) of mango dehydrated at 60 °C and 70 °C and packed in PETmet/PE and PVDC during storage.

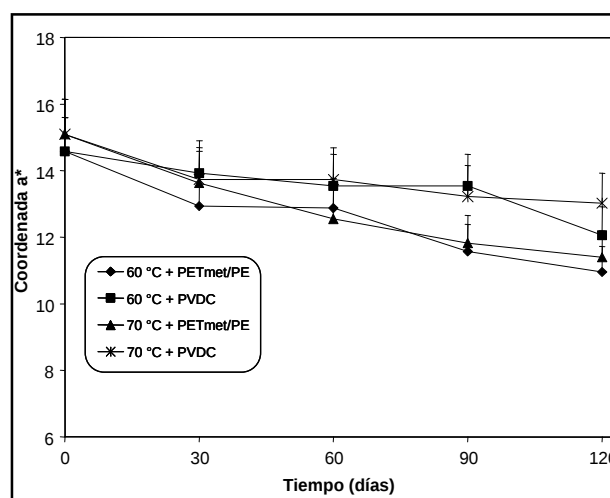
**Figura 2.-** Coordenada a^* (intensidad del rojo) del mango seco a las temperaturas de 60 °C y 70 °C, envasada en PETmet/PE y PVDC durante el almacenamiento.

Figure 2.- Coordinate a^* (red intensity) of mango dehydrated at 60 °C and 70 °C, packed in PETmet/PE and PVDC during storage.

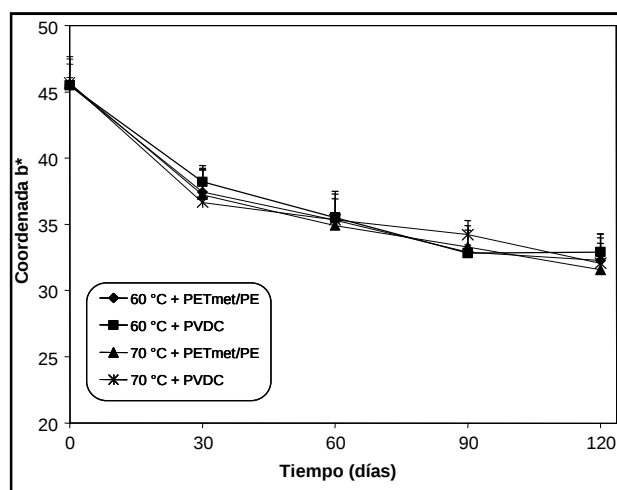


Figura 3.- Coordenada b* (intensidad de amarillo) del mango seco a las temperaturas de 60 °C y 70 °C y envasada en PETmet/PE y PVDC durante el almacenamiento.

Figure 3.- Parameter b* (yellow intensity) of mango dehydrated at 60 °C and 70 °C and packed in PETmet/PE and PVDC during the storage.

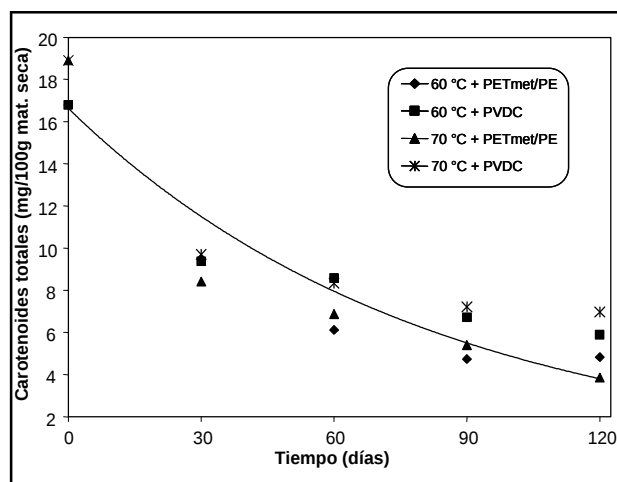


Figura 4.- Carotenoides totales en el mango seco a lo largo del almacenamiento para las combinaciones de temperaturas de secado (60 °C y 70 °C) y envases utilizadas.(PETmet/PE y PVDC).

Figure 4.- Carotene degradation for the combinations of drying temperature (60 °C and 70 °C) and packing material used (PETmet/PE and PVDC) during storage.

Los resultados muestran que el envase PETmet/PE, a pesar de impedir el paso de luz, no mejoró la retención de carotenoides cuando se comparó con el envase transparente de PVDC. Ese resultado sugiere que la presencia de pequeñas cantidades de oxígeno en contacto con los carotenoides ejerció un efecto mucho mayor sobre la degradación que la luz natural.

La degradación de carotenoides totales en el mango seco durante el almacenamiento puede haber ocurrido debido a las reacciones oxidativas, ya que éstas son la

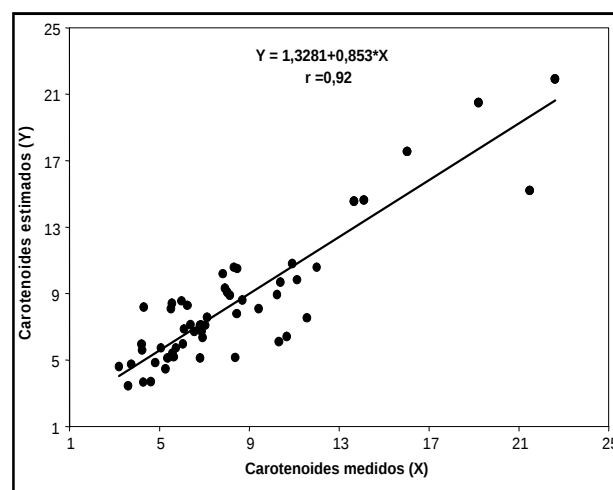


Figura 5.- Correlación entre contenido de carotenoides totales en mango seco obtenidos experimentalmente y los valores estimados por la ecuación exponencial ajustada.

Figure 5.- Correlations between experimental total carotenoides in mango dehydrated and estimated values fitted with the exponential equation.

principal causa de degradación del pigmento. A pesar del vacío en los dos envases, una pequeña, pero significativa cantidad de oxígeno puede haber permanecido en contacto con el alimento siendo suficiente para desencadenar todo el proceso de auto-oxidación de los carotenoides. Este resultado fue similar al observado en un estudio realizado por Goldman *et al.*, (1983) donde se estudió la degradación de β -caroteno utilizando sistemas modelo, simulando alimentos secados en diferentes concentraciones de O_2 (0 - 20,9 %), almacenados a 35 °C y al abrigo de la luz. Los resultados indicaron que la presencia de pequeñas cantidades de oxígeno es un factor crucial en la degradación del β -caroteno, habiendo ocurrido la degradación de los mismos en niveles muy bajos (1 % y 2 %) y en ausencia de luz. Este hecho fue también observado por Lee y Coates (2002).

Otro factor que pudo haber contribuido al proceso de degradación de los carotenoides durante el almacenamiento es la presencia de radicales libres. Durante el secado del mango se inicia el proceso oxidativo y como el mecanismo de la auto-oxidación de carotenoides es considerado un proceso de formación de radicales libres, una vez iniciado, desencadena toda la reacción. Goldman *et al.* (1983) verificaron que a partir de un radical iniciador, aun en la ausencia de oxígeno, ocurre la degradación de 90 % del β -caroteno en 16 días.

Además del proceso oxidativo, la isomerización de los carotenoides también contribuye a la degradación del pigmento. El calentamiento durante el proceso de secado ocasiona la redistribución de los constituyentes celulares de los alimentos, pudiendo liberar ácidos. Estas condiciones favorecen la isomerización a la forma *cis*, promoviendo la reducción de la intensidad del color, no

Tabla 3.- Parámetros estimados y su significancia para el modelo exponencial ajustado.**Table 3.-** Estimated parameters and significance for the fitted exponential model.

Variables	Parámetros estimados	Desviación estándar	Valores de t	Pr(> t)
Intercepto	5,9007	0,6238	-9,459	$2,77 \times 10^{-13}$
L*	0,0705	0,0106	6,627	$1,33 \times 10^{-8}$
a*	0,2636	0,0227	11,599	$< 2,0 \times 10^{-16}$
Modelo exponencial	Significación del modelo (Pr>F)			R ²
C=exp(-5,9007+0,0705L* +0,2636a*)		$< 2,2 \times 10^{-16}$		0,845

Tabla 4.- Crecimiento de hongos y levaduras en mango seco en los tiempos cero, 60 y 120 días de almacenamiento.**Table 4.-** Growth of molds and yeasts on dehydrated mango at zero, 60 and 120 days of storage.

Tiempo (días)	Productos	Hongos filamentosos y levaduras (u.f.c/g)
0	60 °C	$2,7 \times 10^2$
	70 °C	$3,1 \times 10^2$
60	60°C + PVDC	$5,3 \times 10^2$
	60°C + PETmet/PE	$2,9 \times 10^2$
	70°C + PVDC	$4,2 \times 10^2$
	70°C + PETmet/PE	$3,8 \times 10^2$
120	60°C + PVDC	$3,6 \times 10^2$
	60°C + PETmet/PE	$3,6 \times 10^2$
	70°C + PVDC	$6,7 \times 10^2$
	60°C + PVDC	$6,9 \times 10^2$

siempre distinguida por el ojo humano (Sant'ana, 1995).

El valor de k obtenido en el ajuste al modelo exponencial fue de $0,0123 \text{ (día}^{-1}\text{)}$ y representa la constante de velocidad de degradación de los carotenoides durante el almacenamiento. Pesek y Warthesen (1987) encontraron valores de $0,273 \text{ (día}^{-1}\text{)}$ para α -caroteno y $0,309 \text{ (día}^{-1}\text{)}$ para β -caroteno, en jugos de tomate y zanahoria, respectivamente. Se observa, por tanto, que el valor de k para el mango secado fue inferior comparado con los jugos, sugiriendo que el secado promovió una menor degradación del pigmento durante el almacenamiento.

A partir del valor de k es posible determinar el tiempo de vida media ($t_{1/2}$), que representa el tiempo necesario para disminuir un 50 % la concentración inicial del pigmento, siendo calculado a partir de la ecuación: $t_{1/2} = (\ln 2)/k$.

El valor encontrado para el $t_{1/2}$ fue de 56,35 días lo cual indica que el contenido de carotenoides totales en el mango secado se reduce a la mitad después de 56,35 días de almacenamiento a temperatura ambiente y bajo luz natural, en cualquiera de las cuatro condiciones evaluadas.

Correlación entre el contenido de carotenoides totales y las coordenadas de color L*, a* y b*.

De acuerdo a los datos de la degradación de

carotenoides durante el almacenamiento (Figura 4), no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre las combinaciones de envases y temperaturas de secado, por lo que estas variables fueron excluidas del análisis para la obtención de la correlación entre contenido de carotenoides totales (C) y las coordenadas de color

El análisis de varianza muestra que las interacciones entre las coordenadas L*, a* y b* no fueron significativas ($p > 0,01$). La coordenada b* no presentó correlación significativa ($p > 0,01$) con el contenido de carotenoides totales por lo tanto fue excluida del análisis. El ajuste de los datos experimentales al modelo exponencial se muestra en la Tabla 3. A partir de los valores de carotenoides determinados experimentalmente es posible obtener los valores estimados por la ecuación de regresión (Tabla 3). La Figura 5 presenta los valores medidos y los estimados a partir de esa ecuación.

Mónica *et al.* (1994), estudiaron la correlación entre el contenido de carotenoides de verduras y las coordenadas L*, a* y b*. Los modelos lineales ajustados encontraron correlación entre el contenido de carotenoides y las variables L* y a* presentando un R² de 0,63. Ameny y Wilson (1997), estudiaron la correlación entre el contenido de β -caroteno de raíces de camota encontrando correlación lineal positiva entre β -caroteno y la coordenada b* ($r = 0,74$). La correlación entre el contenido de β -caroteno y la coordenada L* fue negativa ($r = -0,74$) y entre la coordenada a* fue muy baja ($r = 0,39$).

Arias *et al.* (2000) reportaron una correlación del contenido de licopeno en tomates con los parámetros de color L*, a* y b*. Los valores L* y a* presentaron correlaciones significativas con la concentración de licopeno, 0,92 y 0,87, respectivamente. La coordenada L* disminuyó con el aumento de la concentración de licopeno, mientras la coordenada a* aumentó. Sin embargo, la coordenada b* no presentó una buena correlación con el contenido del pigmento.

Alteraciones microbiológicas durante el almacenamiento

La contaminación microbiológica de hongos filamentosos, levaduras y coliformes totales fue analizada en el producto final a los 0, 60 y 120 días de almacenamiento. En relación a los coliformes fecales el

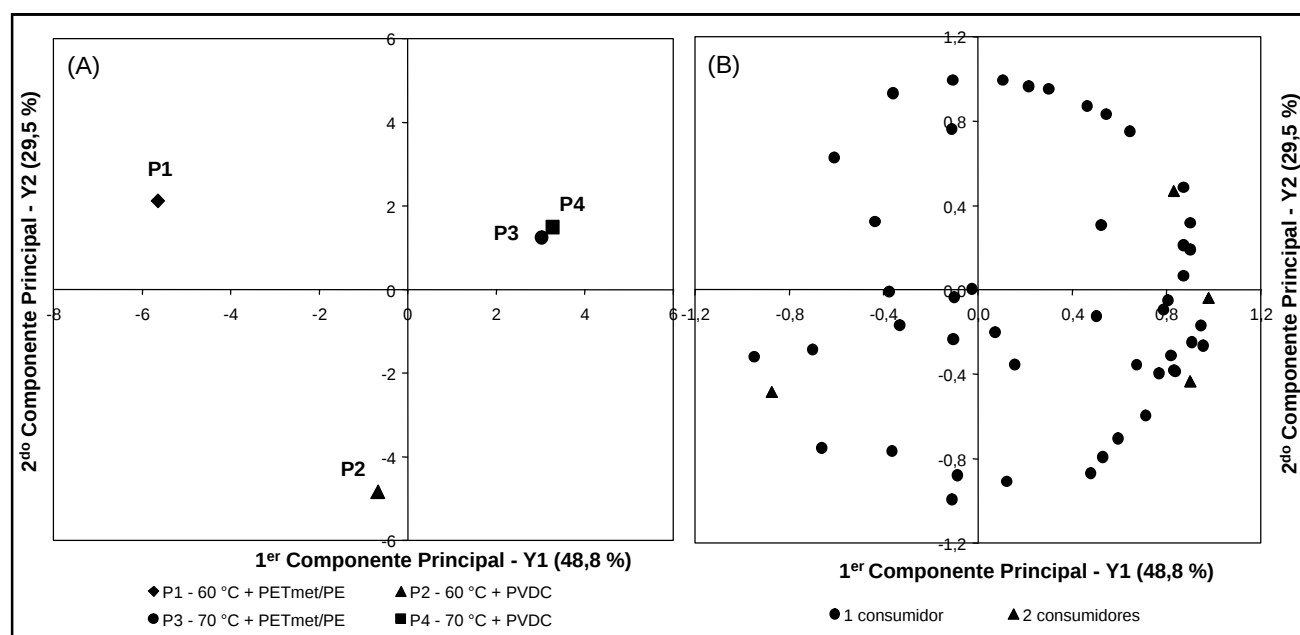


Figura 6.- Color - Mapa de Preferencia Interno para las muestras de mango seco después de 60 días de almacenamiento. (A) - Dispersión de las muestras de mango seco en relación a la aceptación. (B) - "Loadings" (cargas) - Correlaciones entre los datos de aceptación de cada consumidor y los dos primeros componentes principales.

Figure 6.- Color- Internal Preference Map after 60 days of storage of dehydrated mango samples. (A) - Dispersion of dehydrated mango samples in relation to sensorial acceptance. (B) - Loadings - Correlation between the data of each consumer's acceptance and the first two principal components

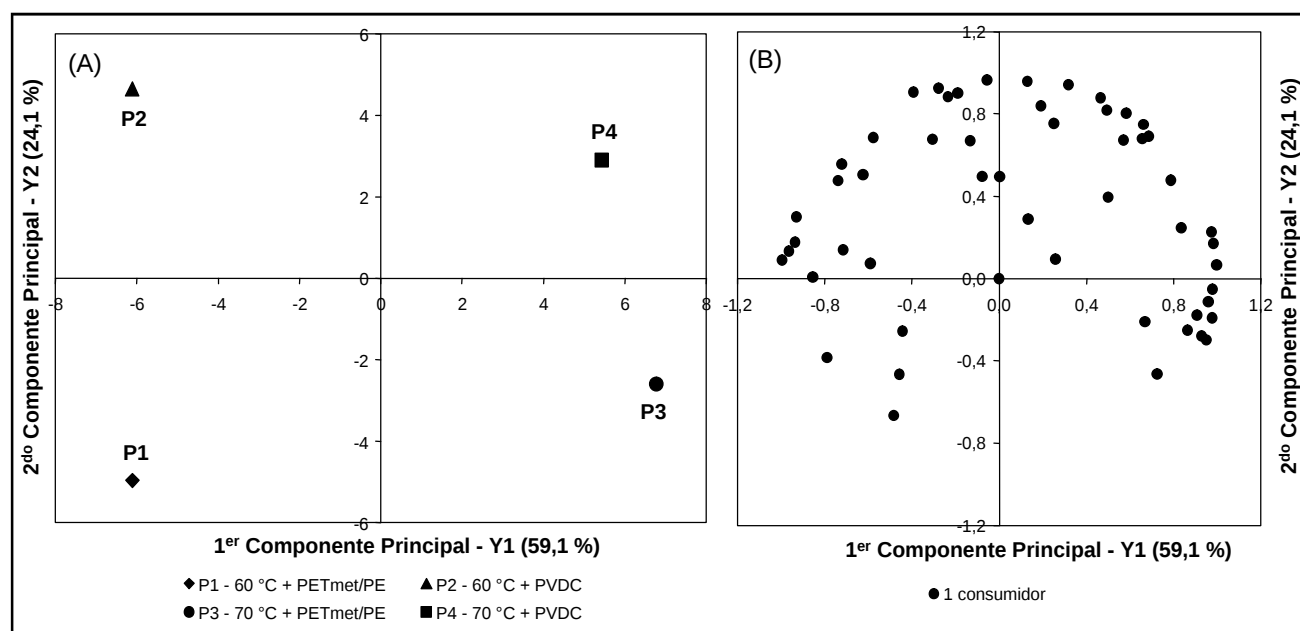


Figura 7.- Color - Mapa de Preferencia Interno para las muestras de mango seco después de 120 días de almacenamiento. A - Dispersión de las muestras de mango deshidratado en relación a la aceptación. B - "Loadings" (cargas) - Correlaciones entre los datos de aceptación de cada consumidor y los dos primeros componentes principales.

Figure 7.- Color - Internal Preference Map after 120 days of storage of dehydrated mango samples (A) - Dispersion of dehydrated mango samples in relation to sensorial acceptance. (B) - Loadings - Correlation between the data of each consumer's acceptance and the first two principal components.

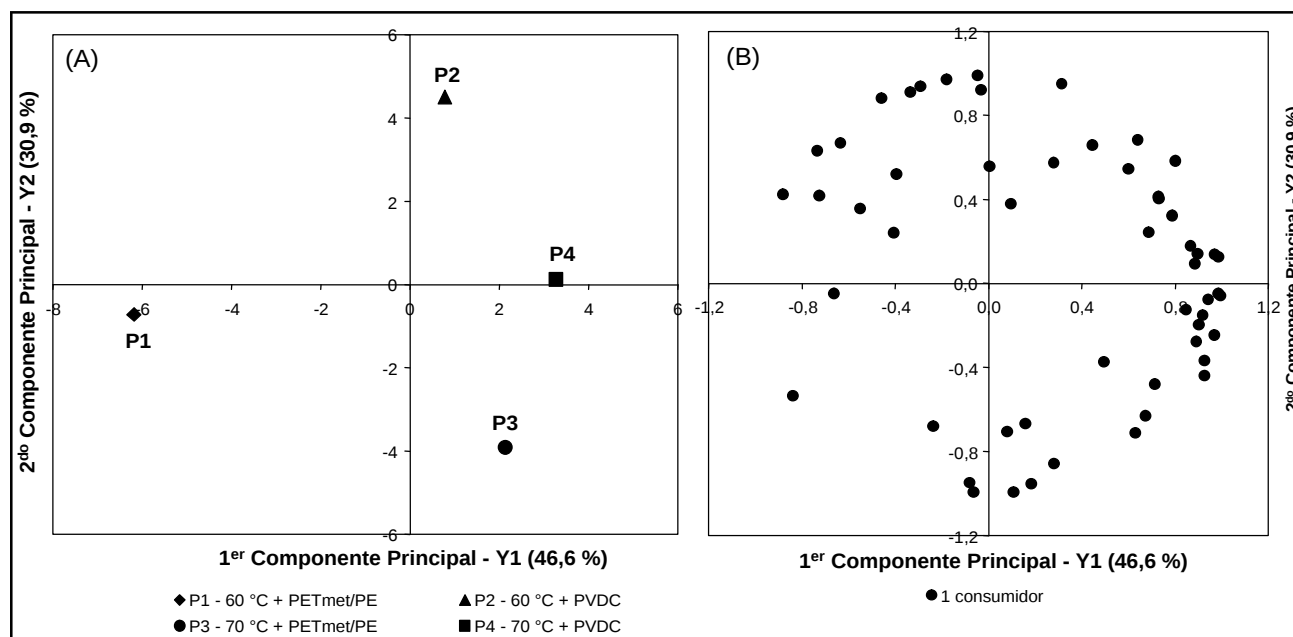


Figura 8.- Sabor - Mapa de Preferencia Interno para las muestras de mango seco después de 60 días de almacenamiento. (A) - Dispersión de las muestras de mango seco en relación a la aceptación. (B) - "Loadings" (cargas) - Correlaciones entre los datos de aceptación de cada consumidor y los dos primeros componentes principales.

Figure 8.- Taste - Internal Preference Map after 60 days of storage of dehydrated mango samples. (A) - Dispersion of dehydrated mango samples in relation to sensorial acceptance. (B) - Loadings - Correlation between the data of each consumer's acceptance and the first two principal components.

resultado fue < 3 NMP/g para todas las muestras analizadas, cumpliendo con los estándares microbiológicos para frutas secadas y liofilizadas de acuerdo con la Resolución - RDC nº 12, de 2 de enero de 2001, de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria del Ministerio da Salud de Brasil (ANVISA, 2001). Los resultados mostrados en la Tabla 4 muestran un número bajo de hongos filamentosos y levaduras por lo que este producto deshidratado se considera adecuado para el consumo humano.

Los resultados indican que las condiciones de procesamiento y almacenamiento fueron adecuadas para conservación del producto con respecto a la calidad microbiológica por lo que no se considera necesaria la adición de algún tipo de conservador.

Mapa de preferencia interno – Atributo color

Las Figuras 6 y 7 presentan el Mapa de preferencia interno, para el atributo color obtenido en los 60 y 120 días, respectivamente.

En la Figura 6 (A y B), el primer componente principal explica 48,8 % y el segundo componente explica 29,5 % de la varianza de aceptación entre las muestras de mango secado. Se observa en la Figura 6-A que los productos secados a 70 °C (P3 y P4) se sitúan muy cerca, indicando que fueron considerados semejantes en relación a la aceptación. Las muestras P1 y P2 difieren entre sí, indicando la formación de tres grupos distintos.

En la Figura 7 (A y B) el primer componente principal explica 59,1 % y el segundo componente explica 24,1 % de la varianza de aceptación entre las muestras de mango secado. En las Figuras 6B y 7B cada punto representa la correlación entre los datos de aceptación de un consumidor y los dos primeros componentes principales. Los consumidores situados en el centro del gráfico no están correlacionados con los dos componentes y no discriminan las muestras con relación a la aceptación, considerando la aceptación de las muestras semejantes.

Para 60 días de almacenamiento (Figura 6) la mayoría de los consumidores presentaron correlación positiva con el primer componente principal (Y1), prefiriendo las muestras P3 y P4. Los consumidores situados en la parte inferior del gráfico prefirieron la muestra P2. La muestra P1, situada en el segundo cuadrante, fue la menos preferida. A los 120 días de almacenamiento (Figura 7B) la mayor parte de los consumidores están situados en la parte superior del gráfico (primero y segundo cuadrantes) prefiriendo las muestras P2 y P4. Los consumidores correlacionados positivamente con Y1 prefirieron las muestras P3 y P4. Nuevamente, la muestra P1 fue la menos preferida por los consumidores.

Los productos secados a 70 °C (P3 y P4) fueron mas aceptados por los consumidores después de 60 días de almacenamiento. Sin embargo, después de 120 días, los productos envasados en PVDC (P2 y P4) fueron los de mayor aceptación. El producto secado a 60 °C y envasado

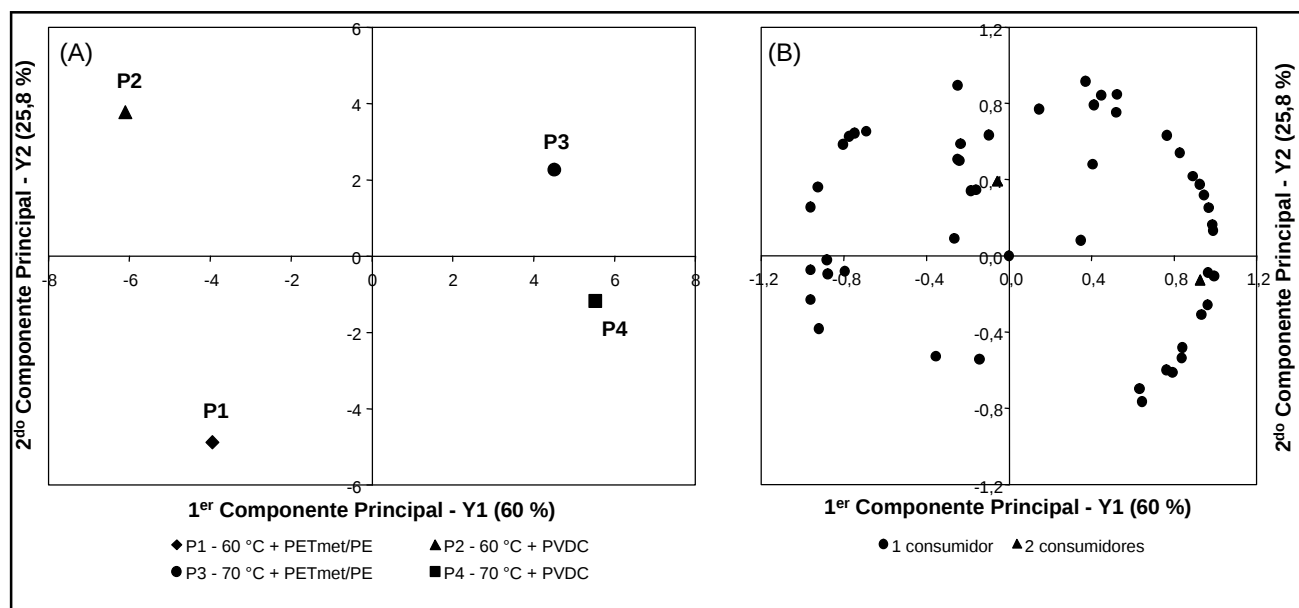


Figura 9.- Sabor - Mapa de Preferencia Interno para las muestras de mango seco después de 120 días de almacenamiento. A - Dispersión de las muestras de mango deshidratado en relación a la aceptación. B - "Loadings" (cargas) - Correlaciones entre los datos de aceptación de cada consumidor y los dos primeros componentes principales.

Figure 9.- Taste - Internal Preference Map after 120 days of storage of dehydrated mango samples (A) - Dispersion of dehydrated mango samples in relation to sensorial acceptance. (B) - Loadings - Correlation between the data of each consumer's acceptance and the first two principal components.

en PETmet/PE (P1) fue el menos preferido por los consumidores en los dos tiempos de almacenamiento.

Mapa de preferencia interno – Atributo sabor

Las Figuras 8 y 9 presentan el mapa de preferencia interno para el atributo sabor obtenido en los 60 y 120 días, respectivamente. En la Figura 8 (A y B) el primer componente explica 46,6 % y el segundo 30,9 % de la variación de aceptación entre las muestras de mango secado. Los dos componentes explican la mayor parte de la variancia (77,5 %) entre las muestras con respecto a su aceptación. La Figura 8A muestra que los tratamientos P2, P3 y P4 se sitúan en la parte derecha del gráfico, diferenciándose del tratamiento P1.

Después de 60 días de almacenamiento, se encontró que los consumidores se concentraron en el primero, segundo y cuarto cuadrante (Figura 8B), estando distribuidos de forma homogénea. Los consumidores correlacionados positivamente con Y1 prefirieron la muestra P4, en cuanto los correlacionados positivamente con Y2 prefirieron la muestra P2. La muestra P3 fue preferida por los consumidores situados en el cuarto cuadrante. La muestra P1 fue la de menor aceptación por los consumidores. En la Figura 9 (A y B) el primer componente principal explica 60 % y el segundo 25,8 % de la variación de aceptación entre las muestras de mango secado. Los dos componentes explican la mayor parte de la variancia (85,80 %) entre la aceptación de las muestras.

Las muestras P3 y P4 están situadas próximas en el

gráfico siendo consideradas semejantes en cuanto a su aceptación, diferenciándose de las muestras P2 y P1, situadas en la parte izquierda del gráfico (Figura 9A).

Después de 120 días de almacenamiento, las muestras P3 y P4 fueron las preferidas por los consumidores. La muestra P2 también tuvo una buena aceptación, pero la P1 fue preferida por un menor número de consumidores como puede observarse en la Figura 9B.

En relación al sabor, después de 60 y 120 días de almacenamiento el producto secado a 60 °C y envasado en PETmet/PE (P1) fue el de menor aceptación entre los consumidores. Los demás tuvieron una buena aceptación en los dos tiempos de almacenamiento.

CONCLUSIONES

Los envases utilizados fueron eficaces en la conservación de las características microbiológicas y fisicoquímicas (pH, acidez, contenido de humedad y actividad de agua). Sin embargo, con relación al color, hubo una disminución en las coordenadas L*, a*, b* y pérdida de los carotenoides totales durante el almacenamiento.

La degradación de carotenoides fue la misma para las cuatro combinaciones de temperatura de secado (60 y 70 °C) y envase utilizado (PETmet/PE y PVDC), indicando que la temperatura de secado y el envase no interfirieron en la conservación del producto.

El producto secado a 70 °C y envasado en PVDC

(P4) fue el de mayor aceptación sensorial en relación a los dos atributos de color y sabor evaluados a 60 y 120 días de almacenamiento. El producto secado a 60 °C y envasado en PETmet/PE (P1) fue el menos aceptado para los dos atributos sensoriales de color y sabor evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Tecnology* **15**, 207-225.
- Ameny, M. A.; Wilson, P. W. 1997. Relationship between hunter color values and β -carotene contents in white-fleshed african sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* Lam). *Journal of Science and Food Agriculture* **73**, 301-306.
- ANVISA. 2001. *Resolução - RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária del Ministério da Saúde do Brasil.
- Araújo, J. M. A. 1999. Química de Alimentos: Teoria e prática. Viçosa: UFV.
- Arias, R.; Lee, T. C.; Logendra, L.; Janes, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48**(5), 1697-1702.
- Berset, C.; Caniaux, P. 1983. Relationship between color evaluation and chlorophyllian pigment content in dried parsley leaves. *Journal of Food Science* **48**, 1854-1857.
- Beveridge, T.; Weintraub, S. E. 1995. Effect of blanching pretreatment on color and texture of apples slices at various water activities. *Food Research International* **28** (1), 83-86.
- Bolin, H. R.; Steele, R. J. 1987. Noenzymatic browning in dried apple slices during storage. *Journal of Food Science* **52**, 1654-1657.
- Cardello, H. M. A. B.; Cardello, L. 1998. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **18**(2), 211-217.
- Cardello, H. M. A. B.; Faria, J. B. 2000. Análise da aceitação de aguardentes de cana por testes afetivos e mapa de preferência interno. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **20** (1), 32-36.
- Chou, H. E.; Breene, W. M. 1972. Oxidative decoloration of β -caroteno in low-moisture model systems. *Journal of Food Science* **37**, 66.
- Goldman, M.; Horev, B.; Saguy, I. 1983. Decolorization of β -caroteno in model systems simulating dehydrated foods. Mechanism and kinetic principles. *Journal of Food Science* **48**, 751-754.
- Greenhoff, K.; Macfie, H. J. H. 1994. Preference mapping in practice. En *Measurement of food preferences*. Macfie, H. J. H.; Thonsom, D. M. H. (Eds.), Black Academic y Profissional. London.
- Halarampu, S. G.; Karel, M. 1983. Kinetic model for moisture dependence of ascorbic acid and β -carotene degradation in dehydrated sweet potatoes. *Journal of Food Science* **48**, 1872-1873.
- Higby, W. K. 1962. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene fortified orange juice. *Journal of Food Science* **27**, 42-49.
- Holdsworth, S. D. 1997. Thermal processing of packaged foods. Chapman & Hall, London.
- Ibarz, A.; Martin, O.; Barbosa-Cánovas, G. 1997. Cinética del pardeamiento no enzimático de zumo de pera concentrado. *Food Science and Technology International* **3**, 213-218.
- Jarén-Galán, M.; Mínguez-Mosquera, I. 1999. Quantitative and qualitative changes associated with heat treatmens in carotenoid content of paprika oleoresins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **47**, 4379-4383.
- Lee, H. S. 2000. Objective measurement of red grapefruit juice color. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48**(5), 1507-1511.
- Lee, H., S.; Coates, G. A. 2002. Characterization of color fade during storage of red grapefruit juice concentrates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 3988-3991.
- Mónica, I.; Shene, C.; Scheuermann, E.; Bifani, V. 1994. Correlation for pigment content through colour determination using tristimulus values in a green leafy vegetable, swiss chard. *Journal Science of Food Agriculture* **66**, 527-531.
- Park, Y. W., 1987. Effect of freezing, tawing, drying, and cooking on carotene retention in carrots, broccoli and spinach. *Journal of Food Science* **52**(4), 1022-1025.
- Pérez, A.; Mínguez, M. I. 2001. Structure-reactivity relationship in the oxidation of carotenoid pigmentes of the pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **49**, 4864-4869.
- Pesek, C. A., Warthesen, J. J. 1987. Photodegradation of carotenoids in a vegetable juice system. *Journal of Food Science* **52**(3), 744-746.
- Polignano, L. A. C.; Drumond, F. B.; Cheng, L. C. 1999. *Utilização dos mapas de percepção e preferência como técnicas auxiliares do QFD durante o desenvolvimento de produtos alimentícios*. En: I Congresso Brasileiro De Gestão Do Desenvolvimento De Produto, Belo Horizonte.
- Polignano, L. A. C.; Drumond, F. B.; Cheng, L. C. 2000. *Mapa de Preferência: uma ponte entre marketing*

- e P&D. En: II Congresso Brasileiro De Gestão Do Desenvolvimento De Produto, São Carlos.
- Purcell, A. E.; Walter, W. M. Jr. 1968. Autoxidation of carotenes in dehydrated sweet potato flakes using ^{14}C - β -carotene. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **16**(4), 650-653.
- Regazzi, A. J. 2003. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Revista Ceres* **50**(287), 9-26.
- Reis, R. C.; Ramos, A. M.; Minim, V. P. R. 2005. Inativação enzimática na desidratação de manga (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins). *Revista Brasileira de Armazenamento* **30**(1), 78-82.
- Ribeiro, M. S.; Sabaa-Srur, A. U. O. 1999. Saturação de manga (*Mangifera indica* L.) var. Rosa com açúcares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **19**(1), 118-122.
- Sant'ana, H. M. P. 1995. *Efeito do Método de Preparo Sobre a Estabilidade de Carotenóides em Cenoura (Daucus carota L.)*. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFV, Viçosa.
- Sapers, G. M.; Douglas, F. W. Jr. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in the juice of raw apple and pear fruits. *Journal of Food Science* **52**, 1258-1263.
- Sarantópoulos, C. I. G. L.; Oliveira, L. M.; Canavesi, E. 2001. *Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis*. CETEA/ITAL, Campinas.
- SAS. 1999. SAS Institute Inc. North Carolina. User's Guide: basic and statistic. Versión 8.0.
- Uboldi Eiroa, M. N. 1981. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos* **18**(3), 353 - 383.
- Wong, M.; Satanton, D. W. 1993. Effect of removal of amino acids and phenolic compounds on non-enzymatic browning in stored kiwifruit juice concentrates. *LWT* **26**, 138-144.