

## Physicochemical evaluation of *Mangifera indica* L. fruits c.v Vallenato preserved in modified atmosphere to extend its quality

**Aldo Alexander Fernández Varela, Juan Guillermo Reales Alfaro**

Universidad Popular del Cesar, Salida A Patilla Sede Hurtado, Oficina 205.  
Valledupar, Cesar, Colombia. Telefax: 0095-5843150. [biat@unicesar.edu.co](mailto:biat@unicesar.edu.co)

### Abstract

In order to evaluate the influence of modified atmospheres on physicochemical aspects related to the conservation of mango variety vallenato packaging films used for low density polyethylene calibers 2 and 3 mils and three gas mixtures (3% O<sub>2</sub>-3% CO<sub>2</sub>-94% N<sub>2</sub>, 4% O<sub>2</sub>-7% CO<sub>2</sub>-89% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>-5% CO<sub>2</sub>-90% N<sub>2</sub>) for a completely randomized experimental design of six treatments (T1, T2, T3, T4, T5 and T6) of which it was possible to evaluate physicochemical aspects in three (T1, T3 and T5) to preserve fruit without chilling injury after sixteen days. The storage temperature was 12°C, relative humidity of 63%, 30 days, plus nine days at 20°C. With modified atmosphere packaging reduced the occurrence of soluble solids compared to the fruits witnesses, did not influence very significantly in pH, only after thirty days after the acidity thirty-three days falls much more in the controls and lower in T5 on day 39. The film that presented a better behavior when gas exchange was the caliber 2 mils, which was retained for longer than fruit characteristics with the gas mixture of 5% O<sub>2</sub>-5% CO<sub>2</sub>-90% N<sub>2</sub>.

**Key words:** handle, modified atmosphere, conservation, packing.

## Evaluación fisicoquímica de frutos de *Mangifera indica* L. cv. Vallenato conservado en atmósfera modificada para prolongar su calidad

### Resumen

Con el propósito de evaluar la influencia de las atmósferas modificadas en aspectos fisicoquímicos relacionados con la conservación del mango variedad vallenato se utilizaron empaques de películas de polietileno de baja densidad calibres 2 y 3 mils y tres mezclas gaseosas (3%O<sub>2</sub>-3%CO<sub>2</sub>-94%N<sub>2</sub>; 4%O<sub>2</sub>-7%CO<sub>2</sub>-89%N<sub>2</sub>; 5%O<sub>2</sub>-5%CO<sub>2</sub>-90%N<sub>2</sub>) para un diseño experimental completamente aleatorio de seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) de los cuales fue posible evaluar aspectos fisicoquímicos en tres (T1, T3 y T5) por conservar frutos sin daños por frío después de dieciséis días. La temperatura de almacenamiento fue de 12°C, humedad relativa de 63%, periodo de 30 días, más nueve días a temperatura de 20°C. Los empaques con atmósferas modificadas redujeron la aparición de sólidos solubles comparado con los frutos testigos, no influyeron de manera muy significativa en el pH, solo después de los treinta días; la acidez después de treinta y tres días desciende mucho más en los testigos y es menor en T5 el día 39. La película que presentó un mejor comportamiento al intercambio de gases fue la de calibre 2 mils, en la cual se conservó por mayor tiempo las características de los frutos con la mezcla gaseosa de 5%O<sub>2</sub>-5%CO<sub>2</sub>-90%N<sub>2</sub>.

**Palabras clave:** mango, atmósfera modificada, conservación, empaque.

## Introducción

El mango es uno de las frutas tropicales más importantes, con una producción mundial que excedió los 25 millones de toneladas en 2006, seguido por el banano, piña, papaya y aguacate; de hecho a menudo es referido como el “rey de las frutas” en el mundo tropical [1, 2]. Es un producto altamente perecedero que afronta diferentes problemas durante su manejo post-cosecha: la corta vida útil, alta tasa de respiración, daños por congelación, daños por frío, enfermedades e insectos [3]. El almacenamiento refrigerado retrasa estos cambios indeseables, pero no incrementa suficientemente la vida útil para las exigencias de la distribución al por menor y para los objetivos de exposición en el punto de venta. La búsqueda de productos higiénicamente frescos y de alta calidad, ha inducido uno de los crecimientos más importantes en el sector de la moderna distribución al por menor o al detalle de productos refrigerados. Durante las últimas décadas se ha producido el rápido crecimiento del desarrollo del empaquetado de alimentos en atmósfera modificada [4, 5].

En regiones de Colombia como el Cesar hay productores de mango que exportaban gran parte de su producción a Europa; estos han tenido grandes dificultades para mantener su aceptabilidad y confianza en el mercado debido a que en ocasiones su producción al llegar al puerto de destino ya se encuentra sobremaduro ocasionado por enviar los frutos en contenedores sin las condiciones adecuadas de conservación, frutos que ya no sirven a estos comerciantes y la pérdida de trabajo, dinero y credibilidad es de alto impacto tanto para exportadores como para importadores, especialmente para los primeros quienes están de primero en la cadena.

El envasado en atmósfera modificada corresponde al método de envasado de alimentos que implica la sustitución del aire del interior del envase por un gas o mezcla de gases que principalmente son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ). Este cambio de la composición del aire dentro del envase, sumado al almacenamiento en condiciones refrigeradas, extiende la vida útil del producto en días o semanas sin alterar su calidad. Esto ayuda a controlar la actividad bioquímica y microbiológica, lo que mini-

miza o disminuye la velocidad de reacción de los fenómenos más importantes que conducen a la alteración de los alimentos. Por consiguiente, este método permite la buena conservación de frutas en determinado tiempo, lo que hace innecesario o poco necesario el uso de conservantes químicos [6, 7]. Los efectos de esta técnica ha sido ampliamente estudiado en muchas frutas y avances significativos se han obtenido con el fruto del mango [8, 9]. En el mango, la exposición a menos del 2%  $\text{O}_2$  y/o más del 8%  $\text{CO}_2$  puede inducir alteración del color de la piel, pulpa grisácea y sabor desagradable, y estudios en atmósfera controlada revelan que la atmósfera óptima es de 3-5%  $\text{O}_2$  y 5-8%  $\text{CO}_2$  [10].

Los resultados en el almacenamiento del mango Oro bajo esta técnica con una atmósfera con 5% de  $\text{CO}_2$ , 5% de  $\text{O}_2$  y 90% de Nitrógeno, a 10 y 13°C a 65% de humedad relativa, para el efecto de la película plástica mostraron que la de polietileno de alta densidad retiene menor cantidad de  $\text{CO}_2$  en ambas temperaturas (4,24%/10°C; 5,73%/13°C) comparada con la de baja densidad (9,3%/10°C, 9,06%/13°C), con los beneficios correspondientes; el uso de la película permitió que los frutos resistieran la temperatura de 10°C hasta por 30 días, en cambio los frutos almacenados sin película alcanzaron 18 días a 13°C y sufren daños por frío a 10°C. [11]. En una investigación sobre la conservación del mango variedad Tommy Atkins en atmósfera modificada se demostró que la mezcla de gases (5% de  $\text{CO}_2$ , 8% de  $\text{O}_2$  y 87% de Nitrógeno) y empleando una película de polietileno de baja densidad calibre 2 mils fue la más adecuada para este fin, prolongando la vida útil por más de 30 días con temperaturas de 12 a 13°C y humedad relativa de 80 a 90%. En un estudio realizado con el mango Kent bajo esta técnica recomiendan que los frutos sean almacenados a 12°C durante 20 días con películas de polietileno calibre 1 y almacenamiento por 10 días a 12°C con películas de polietileno calibre 2, ya que bajo estas condiciones se prolonga la madurez sin que se produzcan daños fisiológicos, químicos y físicos [12].

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la influencia del envasado en atmósfera modificada sobre las propiedades fisicoquímicas de frutos de mango variedad vallenato como señales del efecto de la combinación de gases y de empaques y

con lo que se espera alcanzar un aumento de tiempo y calidad de la conservación de los frutos a 35 ó más días.

## Materiales y métodos

### Selección y acondicionamiento del material vegetal

Los frutos fueron recolectados con 11 semanas de vida en el árbol, de dos cultivos comerciales de mango, Alejandría y La Estancia, ubicados en la zona norte del municipio de Valledupar, Cesar, Colombia, a 170 msnm y una temperatura de 34°C [13]. La selección se hizo utilizando índices evaluados mediante su aplicación al desarrollo del color amarillento de la pulpa y forma del fruto, días transcurridos desde la floración, correspondientes a madurez fisiológica. La fruta inmediatamente se lavó con una esponja en tanque de agua para quitar impurezas o cuerpos extraños de la corteza; se pasó a una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm, dejada allí de 3 a 5 segundos. Luego se secaron y se procedió a empaclarlas, en cantidades de tres mangos por bolsa y tres bolsas por caja, que fueron estibadas. El ensayo se hizo en el laboratorio de consultas industriales y en la planta piloto de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar por 30 días a una temperatura de 12°C y humedad relativa del 63% más una maduración complementaria de 9 días a 20°C.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con estructura factorial 2 × 3 (dos calibres de empaque de polietileno de baja densidad, tres mezclas de gases) y 3 repeticiones. Debido a que no todos los tratamientos presentaron la misma duración se realizó un análisis de varianza para cada fecha en que finalizaba uno

de los tratamientos incluyendo aquellos que aun continuaban su conservación. Para el análisis estadístico fueron descartados aquellos tratamientos que tuvieron menor duración que el testigo y cuyos datos obtenidos no eran suficientes para ser incluidos en dicho análisis. Para la comparación de resultados de los diferentes tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de Duncan en cada análisis de varianza con significancia al 5%. La unidad experimental se constituyó por 3 mangos en un mismo empaque. Todos los datos se procesaron con ayuda del paquete estadístico Statgraphics Plus versión 4.0.

### Polímeros y atmósfera modificada

Las mezclas para modificar las atmósferas fueron preparadas y certificadas por una compañía especializada en preparación de gases. El polímero empleado y sus características de permeabilidad a los gases se describen en la Tabla 1.

Se procedió a desarrollar una bolsa con un área tal que permitiese una evolución apropiada de las fracciones en volumen de oxígeno y dióxido de carbono en el interior del empaque [15]. El área total resultante fue 1222,2 cm<sup>2</sup>, repartidos en bolsas de dos caras con 611,1 cm<sup>2</sup> cada una; finalmente se desarrollaron bolsas de 25,4 cm × 25,4 cm de lado. Para el proceso de empaque en las bolsas de PEBD (Polietileno de baja densidad) calibre 2 y 3 mils (1mils:25µm), se utilizó una empacadora al vacío de alimentos, donde se aplicó un ligero vacío y se inyectaron las atmósferas modificadas semiactivas a los diferentes tratamientos. Para cada una de las mezclas gaseosas se elaboraron 30 empaques, teniendo en cuenta las características de las pruebas que exige destrucción de la atmósfera, al mismo tiempo se consideró la posibilidad de ruptura de uno o más empaques, lo que ocasionaría una pérdida de confiabi-

Tabla 1  
Características físicas del polímero empleado [14]

Tipo de película	Transmisión de vapor de agua (g/m <sup>2</sup> .24h) 38°C/90% HR	Permeabilidad (cc/m <sup>2</sup> .24h.atm) films de 25 µm a 25°C		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Polietileno de baja densidad	18	42000	7800	2800

alidad en el ensayo si no existieran suficientes réplicas. La distribución de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

### Determinaciones físicas y químicas del fruto

Los procedimientos analíticos fueron de carácter destructivo; se realizaron tres repeticiones analíticas de las variables fisicoquímicas. Los sólidos solubles totales se midieron como grados brix con un refractómetro marca Kruss HRN-16 Escala 0-16; la acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico, se determinó utilizando el método de titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2; el pH se determinó con un potenciómetro marca HANNA HI 8314.

## Resultados y discusión

### Caracterización física inicial del fruto

Los tamaños y pesos de los frutos estudiados están dentro del rango registrado por CENICAFE [16], que reportan un peso para el mango Vallenato entre 93-508 g, siendo el rango

201-250 g el de mayor producción, un diámetro longitudinal entre 58-112 mm y un diámetro transversal entre 50-101 mm (Tabla 3). De acuerdo a lo mencionado por Krishna y Singh [2], los frutos tienen el tamaño ideal (250-300 g).

A partir de los 16 días de almacenamiento los frutos de los tratamientos 2, 4 y 6, que corresponde a un calibre de 3 mils, presentaron daño por frío, razón por la cual no fueron tenidos en cuenta para análisis posteriores. Esto probablemente a que las enzimas participante en el ciclo del ácido tricarbónico, como la succinato deshidrogenasa, son inhibidas en altas concentraciones de CO<sub>2</sub> [17].

**pH.** En la Figura 1 los mangos de T1 y T3 tuvieron un comportamiento generalmente ascendente; este aumento del pH coincide con una reducción de la acidez, tendencia reportada por varios investigadores en distintos productos vegetales almacenados en una atmósfera enriquecida con CO<sub>2</sub> [18-23]. Sin embargo, no se sabe si el incremento del pH es una consecuencia del efecto del CO<sub>2</sub> sobre el metabolismo normal o si se trata de una reacción directa del tejido del vegetal para

Tabla 2  
Tratamientos aplicados con 12°C y 63% de H.R

Tratamiento	Calibre de Polietileno de baja densidad (mils)	Atmósfera modificada semiactiva (%O <sub>2</sub> -%CO <sub>2</sub> -%N <sub>2</sub> )
T1	2	3-3-94
T2	3	3-3-94
T3	2	4-7-89
T4	3	4-7-89
T5	2	5-5-90
T6	3	5-5-90
Testigo	Sin empaque	Ambiente

Tabla 3  
Características físicas de los frutos usados

Característica	Valor
Peso	241,2 ± 44,3 g
Diámetro Longitudinal	85,6 ± 4,9 mm
Diámetro Transversal	80,6 ± 7,6 mm

contrarrestar el efecto acidificante del CO<sub>2</sub> [17]. En los frutos del tratamiento 1 se observó que el mayor valor de pH lo alcanzó el día 26 y fue de 4,10; luego el pH disminuye como consecuencia de daños por frío. Los mangos de T3 presentaron el mayor valor de pH (4,33) a los 33 días de almacenamiento.

Los mangos de T5 y el testigo presentan una tendencia estable hasta los 30 días de almacenamiento, y al variar la temperatura a 20°C un comportamiento ascendente, presentando su máximo valor en las condiciones ensayadas el día 39 de almacenamiento, 4,02 y 4,96 respectivamente. Sin embargo, a pesar de que el cambio de

temperatura influyó notablemente en el valor del pH de los frutos testigos, a los 30 y 39 días de almacenamiento, a un nivel del 95% de confianza no existió diferencia entre los valores promedios de pH registrados por los frutos almacenados en atmósferas modificadas y los frutos testigos.

**Acidez titulable.** La curva de acidez titulable presentó un comportamiento de disminución progresiva al aumentar los días de almacenamiento, inverso al del pH (Figura 2). El análisis estadístico a los 30 días de almacenamiento reporta que no existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los porcentajes medios de acidez de los frutos de los tratamientos bajo atmósfera

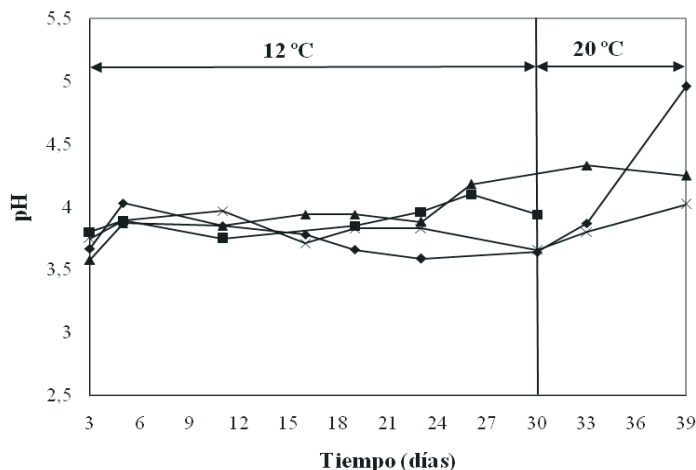


Figura 1. Efecto de las atmósferas modificadas sobre el pH de los frutos de mango variedad Vallenato. ◆ Testigo; ■ T1; ▲ T3; × T5.

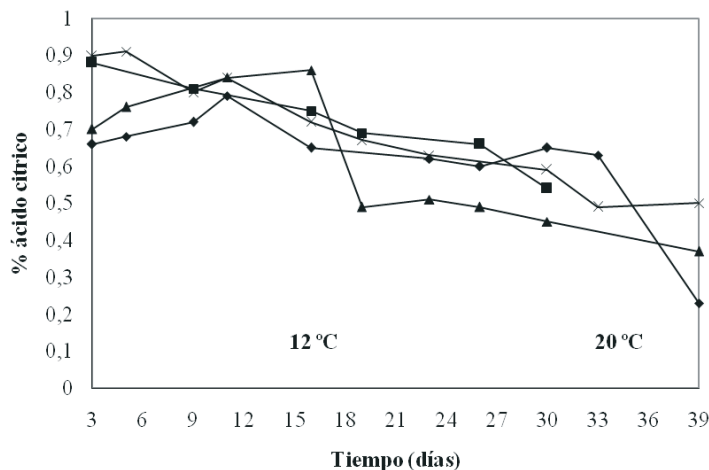


Figura 2. Efecto de las atmósferas modificadas sobre la acidez titulable en frutos de mango variedad Vallenato. ◆ Testigo; ■ T1; ▲ T3; × T5.

modificada y los testigos. Al aumentar la temperatura de almacenamiento a 20°C a partir del día 30 se notó en los frutos testigos una notable disminución en la acidez, reflejado en un aumento del pH (Figura 2), lo que indica que la temperatura influye de forma directa en el metabolismo de los ácidos orgánicos.

Al comparar el comportamiento de los frutos de T3 y T5 con los frutos testigos después de los 30 días de almacenamiento a 20°C, se observa que la pendiente de las curvas de éstos son menos inclinadas que la curva de los frutos testigos, lo que indica probablemente una mayor sensibilidad a la temperatura de los frutos sin atmósfera modificada; esto concuerda con lo reportado por Galvis y col. [24] que encontraron una disminución mayor del ácido cítrico en mango (el ácido orgánico de mayor proporción en esta especie) sin empaque, comparado con el fruto almacenado en atmósfera modificada, lo que atribuyeron a una probable actividad mayor de la citrato deshidrogenasa.

El análisis estadístico a los 39 días de almacenamiento corrobora este hecho, mostrando una diferencia significativa entre la acidez media de los frutos de T5 y los frutos testigo, para un nivel de confianza del 95,0%. Los frutos que se sometieron a AM 5-5-90 con calibre 2 presentaron los valores de porcentajes de acidez promedios más elevados (0,50%), respecto a los registrados por los frutos testigos (0,23%). Yahia [25] verificó que las concentraciones altas de CO<sub>2</sub> inhiben la

maduración del fruto con menor uso de los ácidos orgánicos, posiblemente porque el CO<sub>2</sub> actúa como un inhibidor competitivo del etileno.

**Sólidos solubles.** La Figura 3 muestra que el desarrollo de los sólidos solubles totales en los mangos de todos los tratamientos tiene una tendencia creciente, lo que indica que aumentaron durante el almacenamiento posiblemente por hidrólisis de carbohidratos a azúcares solubles [26].

En T1, los mangos alcanzaron su máximo valor entre los días 23 y 26, 8,5°Brix (los frutos testigo 11,1°Brix) después decrece hasta que sufre deterioro por frío, que se manifestó en el día 30 de almacenamiento. Los mangos testigos presentaron el mayor contenido de sólidos solubles, 13,7°Brix, que lo alcanzaron el día 33 al cambiar la temperatura a 20°C, cuando alcanzó la madurez organoléptica y después la curva decrece corroborando que en ese momento se inicia la senescencia del fruto. Los mangos almacenados en el T3 alcanzaron su máximo valor el día 39 con un valor de 10,1°Brix, y el T5, en el día 30 con un valor de 10,9°Brix, mientras que los frutos testigo alcanzaron aproximadamente este valor a los 16 días de almacenamiento. Mediante este análisis se observa como el desarrollo de los azúcares es mucho más rápido en los mangos que no se encuentran almacenados bajo condiciones de atmósfera modificada que en aquellos que sí se encuentran sometidos a este tratamiento.

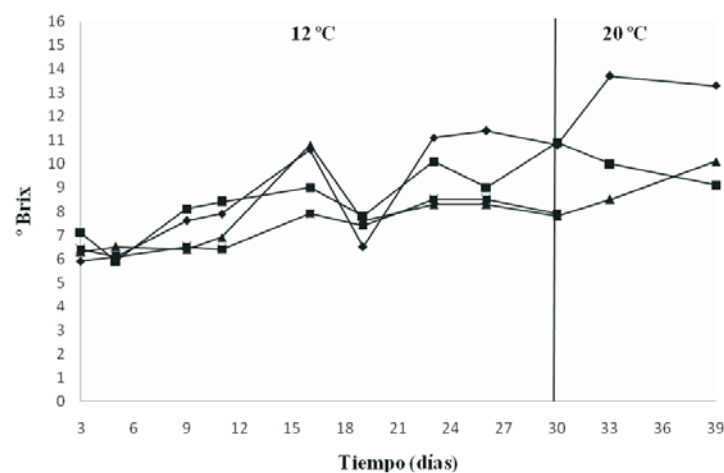


Figura 3. Efecto de las atmósferas modificadas sobre los sólidos solubles en los frutos de mango variedad Vallenato. ◆ Testigo; ■ T1; ▲ T3; × T5.

Mendoza [12] encontró un comportamiento similar en mangos de la variedad Tommy Atkins almacenados bajo atmósferas modificadas. Esto podría asociarse a una más alta tasa de respiración de los frutos sin empacar que conduciría a un mayor rompimiento de polímeros de carbohidratos, especialmente de sustancias pécticas y hemicelulosas [27, 26, 28].

A los 30 días de almacenamiento existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los sólidos solubles medios de un tratamiento a otro, los frutos de T1 y T3 difieren significativamente de los frutos de T5 y de los frutos testigo. Al cambiar la temperatura (20°C) a los 39 días de almacenamiento los frutos de T3 y T5 mostraron promedios más bajos ( $p < 0.05$ ) de sólidos solubles comparados con los frutos testigos.

Estas propiedades fisicoquímicas evaluadas tienen una relación directa para la acidez e inversa para el pH y los sólidos solubles, con respecto a las calidades naturales y comerciales deseadas de conservación de los frutos. El aumento de temperatura de conservación después de los treinta días contribuye a una disminución del gasto de energía. Un pH de 4, una acidez de 0,5% y unos °Brix de 9 son los valores a los treinta y nueve días límite de estudio cuando todavía se conservan las cualidades deseadas de los frutos.

## Conclusiones

El uso de las atmósferas modificadas desacelera el metabolismo del mango vallenato, lo que permite un mayor periodo de conservación de la calidad natural y comercial deseadas en los frutos de *Mangifera indica*. El tratamiento que conservó por más tiempo las características fisicoquímicas del mango fue T5 (5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub> y película calibre 2 mils), prolongando su vida útil por más de 39 días lo que superó las expectativas y alcances esperados de cuatro semanas a casi seis.

## Agradecimientos

A la Universidad Popular del Cesar por su espacio y apoyo para esta investigación y al grupo de investigación en Biotecnología e innovación Agroindustrial Tropical BIAT por todo su soporte y calidad.

## Referencias bibliográficas

1. Robles, R.; Rojas, M.; Serrano, I.; González, G.; Beloso, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology* 51 (2009) 384-390.
2. Krishna, H. y Singh, S. Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement - A review. *Biotechnology Advances* 25 (2007) 223-243.
3. Medicott, A.: "Manual de tecnología post-cosecha de mango". Convenio SENA - Reino Unido. Centro Agroindustrial del SENA. Regional Quindío, Colombia. 1996.
4. Wills R.H.H. et al.: "Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección". Acribia. Zaragoza-España. 1992.
5. Jaramillo F.P. y Marín L.L.E.: "Estudio del almacenamiento del lulo (*Solanum quitoense* L.) en atmósferas modificadas". Tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia para optar al título de Químico Farmacéutico. Bogotá 1999.
6. Gorny J.R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. *Postharvest Horticulture Series* No. 22A, (2001) Pp 95-145. University of California, Davis.
7. Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology* Vol. 43, Issue 3, April (2010) 381-392.
8. Chantanawarangoon S. 2000. Quality maintenance of fresh-cut mango slices. M.S. thesis in Food Science, University of California at Davis.
9. González-Aguilar G.A., Celis J., Sotelo-Mundo R.R., De la Rosa L.A., Rodrigo-García J. y Alvarez-Parrilla, E.: Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, (2008) 91-101.
10. Kader, A. Mango: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. University of California. *Postharvest Technology Review*

- [online]. Produce/Producefacts/Espanol/Mango.shtml updated June 10, 2002.
11. Santiago P., et al. Tecnologías Integradas para el manejo postcosecha del Mango Oro (*Mangifera indica*). En: Memoria del Primer Seminario de Investigación Científica Y Tecnológica sobre el Istmo de los estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco y Oaxaca, 2000.
  12. Mendoza M. A. Índices de Madurez y Conservación de Mango mediante el uso de atmósferas modificadas (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). Bogotá, 1994. Tesis (Ingeniera de Alimentos). Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos.
  13. Navarro Y. y Socarras T., "Estimación del Estado de Maduración de frutas (*Mangifera indica* L) mediante el procesamiento digital de imágenes a color y el entrenamiento de una red neuronal en el departamento del Cesar". Tesis presentada a la Universidad Popular del Cesar, Valledupar, para optar al grado de Ingeniera Agroindustrial, 2004.
  14. Parry R.T. "Envasado de los alimentos en atmósfera modificada". Acribia. Zaragoza, España, 1993.
  15. Florez R. "Manejo Poscosecha de frutas y hortalizas en Mercados Especializados". Convenio Nri-Sena-Dfid. 2001.
  16. Cenicafe-Sena. "Caracterización física y química de mango vallenato en el departamento del cesar". 2001.
  17. Renarj B., Jeffrey B. y Craig A. Campbell. Responses of 'Kent and Tommy Atkins' mangoes to Reduced O<sub>2</sub> and elevated CO<sub>2</sub>. Proc. Fla. State Hort. Soc. 107: 274-277. 1994.
  18. Sora A, Fischer G. y Flórez R. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. Agronomía Colombiana 24 (2): (2006) 306-316.
  19. Artés F., Gómez P. y Artés-Hernández, F. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Stewart Postharvest Review (2006) 5:2.
  20. Soliva-Fortuny R.C., Elez-Martínez P. y Martín-Belloso O. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. Innovative Food Science and Emerging Technologies. (2004) 5: 215-224.
  21. Castro J.V., Pfaffenbach L.B., Carvalho C.R.L. y Rosseto C.J. Efecto del empaque plástico sobre la vida de anaquel del mango. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol. 5, N° 001, (2003) 33-37.
  22. Hernandez M. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis Doctor en Ciencias Agrarias-Agronomía/ Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2001.
  23. Kader, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40(5), (1986) 99-104.
  24. Galvis, J.A. y col. "Using Modified Atmosphere Packaging for storing Van Dyke Mango (*Mangifera indica* L) Fruit". Agronomía Colombiana, Vol. 23, Num. 2, (2005) 269-275.
  25. Yahia, E.M. "Modified and controlled atmosphere for tropical fruits". Hort. Rev. Vol. 22, 1997, 123-183.
  26. Tefera A., Seyoum T. y Woldetsadik K. Effect of Disinfection, Packaging, and Storage Environment on the Shelf Life of Mango. Biosystems Engineering (2007) 96 (2), 201-212.
  27. Kader, A. 2008. Mango precortado como producto de valor agregado (Revisión de literatura y entrevistas). Disponible en: [www.mango.org/media/30979/mango\\_fresco\\_cortado\\_reporte.pdf](http://www.mango.org/media/30979/mango_fresco_cortado_reporte.pdf).
  28. Rodriguez M., Arjona H. y Galvis J. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de Bogotá. Agronomía Colombiana 24(1): 68-76, 2006.

Recibido el 19 de Octubre de 2009

En forma revisada el 6 de Diciembre de 2010