

Efecto del recubrimiento comestible sobre los atributos físico-químicos de mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado y refrigerado

Effect of the edible coating on the physical-chemistry indexes of fresh-cut 'Tommy Atkins' mango and refrigerated

Saúl Dussán-Sarria*, Cristian Torres-León y Pedro Martín Reyes-Calvache

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Sede Palmira. A.A. 237. Palmira, Valle del Cauca-Colombia. Autor para correspondencia: sdussan@unal.edu.co

Rec.: 24.11.2013 Acep.: 19.05.2014

Resumen

El mango presenta una corta vida poscosecha. La tecnología de frutas mínimamente procesadas (cortadas) es una alternativa adecuada para su conservación y comercialización. En este estudio fueron evaluados los atributos de calidad del mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado durante el almacenamiento refrigerado. También el efecto de un recubrimiento comestible de almidón de yuca y cera de carnauba tratado previamente con ácidos orgánicos (1%) y CaCl_2 , (1%) y se evaluó el efecto de dos bolsas de polietileno, bandeja de poliestireno cubiertas con PVC y PET. El experimento fue conducido en bloques completamente al azar y para el análisis estadístico fue utilizado el programa SAS 9.3 y la prueba de Tukey a nivel de 5% de significancia. El fruto fue almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR y cada cuatro días, hasta el día 24 fueron medidos los atributos de calidad (color, firmeza, pH, acidez titulable y sólidos solubles). El mango mínimamente procesado tratado con ácido cítrico, ácido ascórbico, CaCl_2 , y recubrimiento comestible, asociado al empaque PET fue el tratamiento agroindustrial que extendió la vida útil en por lo menos 24 días.

Palabras clave: Almidón de yuca, cera de carnauba, empaque, *Mangifera indica*, mínimamente procesado.

Abstract

The mango fruit has a short shelf life. The fresh-cut fruits technology is a suitable alternative for preservation and marketing. In this study were evaluated quality attributes of the fresh-cut mango Tommy Atkins during cold storage. It was evaluated the effect of an edible coating cassava starch and carnauba wax pretreated with organic acids (1%) and CaCl_2 (1%), and evaluated the effect of two polyethylene bags, PET and polystyrene tray covered with PVC, resulting in 8 treatments. The experiment was conducted in a randomized complete blocks and for statistical analysis was utilized SAS 9.3 and was used the Tukey's test at 5% level of significance. The fruits were stored at $5\pm 1^\circ\text{C}$ and $90\pm 2\%$ RH and every four days until day 24 were measured quality attributes (firmness, color, acidity, pH and soluble solids). Minimally processed mango treated with citric acid, ascorbic acid, CaCl_2 , and edible coating, PET packaging was the agroindustrial treatment than extended the life by least 24 days.

Key words: Carnauba wax, cassava starch, fresh-cut, *Mangifera indica*, packaging.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales más importantes en el mundo, principalmente por su agradable sabor y su alto valor nutricional (Singh *et al.*, 2013), es rico en agua, azúcares, fibra, minerales, vitaminas, ácidos orgánicos como el málico, palmítico, p-cumárico y mirístico, vitamina C y especialmente, por su alto contenido en vitamina A. Colombia se ubica en la posición número 20 en la producción mundial de mango con 143'856.579 ton (FAO, 2012), siendo *Tommy Atkins* la variedad tecnificada de mayor producción nacional (CCI, 2009). Los mangos *Tommy Atkins* son frutos de gran tamaño (400-600 g), con cáscara roja brillante, sabor agradable y gran potencial para la industria de procesamiento mínimo, ya que son resistentes a la manipulación y su pulpa es de color naranja-amarillo (Chiumarelli *et al.*, 2011).

En Colombia, la tecnología agroindustrial de frutas y hortalizas mínimamente procesadas o IV Gama como se denomina en España, aún se encuentra en desarrollo, sin embargo crece la oferta y el consumo de hortalizas con diversos grados de procesamiento. Existen en el mercado colombiano productos vegetales cortados, con diverso grado de procesamiento comercializados sin cadena de frío, sin lavar ni desinfectar, por lo tanto no pueden ser considerados IV Gama.

La fruta cortada es muy perecedera, debido a que pierde la protección del pericarpio, siendo modificadas sus propiedades físico-químicas por los trastornos metabólicos que se producen por el corte (Tovar *et al.*, 2001), adicional a esto, este tipo de procesamiento genera oscurecimiento y disminución de la firmeza (Chiumarelli *et al.*, 2011). Por lo tanto, se necesitan métodos alternativos para la preservación de los atributos de calidad del mango cortado para asegurar su manejo, distribución y venta.

Muchas de las investigaciones se han centrado en el uso de tratamientos poscosecha para extender la vida útil de vegetales cortados, por ejemplo la adición de antioxidantes (ácido ascórbico), agentes reafirmantes (derivados de calcio) y envasado en atmósfera modificada con niveles reducidos de oxígeno (Kader, 2008a).

También se han investigado diferentes tipos de tratamientos con recubrimientos comestibles y la aplicación o no de calor, con el fin de mantener las propiedades del mango fresco cortado por más tiempo (Chien *et al.*, 2007; Chiumarelli *et al.*, 2011; Sothornvit y Rodsamran, 2008; Djioua *et al.*, 2010). Se reporta la conservación del mango por seis días con recubrimiento a base de mango (Sothornvit y Rodsamran 2008), seis días utilizando tratamiento térmico de inmersión a 50°C (Djioua *et al.*, 2009), nueve días utilizando un recubrimiento de quitosano (Djioua *et al.*, 2010) y quince días utilizando, respectivamente, atmósfera controlada en combinación con calcio y antioxidantes (De Souza *et al.*, 2006) y recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y glicerol (Chiumarelli *et al.*, 2011).

Los recubrimientos comestibles son una alternativa para preservar la calidad y la frescura de los productos mínimamente procesados y prolongar su vida útil (Chiumarelli y Hubinger 2012). La aplicación de recubrimientos crea una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua similar a una AM (Chiumarelli *et al.*, 2011), lo que reduce la velocidad de respiración y la deshidratación de los productos recubiertos. Además, estos recubrimientos toleran la incorporación de aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, sales minerales, etc.) que permiten retardar el pardeamiento enzimático, la aparición de desórdenes fisiológicos como el escaldado superficial, el crecimiento microbiano y la pérdida de textura (Gómez, 2011).

Los recubrimientos comestibles y películas a base de almidones, generan una buena formación de película, tienen baja permeabilidad al oxígeno, alta permeabilidad al vapor de agua, son insípidos, inodoros y transparentes, no cambian el sabor, el aroma o la apariencia del producto, lo que implica la disminución de la tasa de respiración de los productos recién cortados. Trabajos con formulaciones específicas donde se mezclen las cualidades de los polisacáridos (almidón de yuca) y los lípidos (cera de carnauba) no se han investigado a fondo en alimentos, ni particularmente en frutas perecederas como el mango.

El objetivo de este estudio fue definir el tratamiento agroindustrial que permita conservar los atributos físico-químicos de mango mínimamente procesado por mayor tiempo durante el almacenamiento refrigerado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR.

Materiales y métodos

Local

El experimento tuvo lugar en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia (Palmira, Valle del Cauca, Colombia).

Selección del material vegetal

Las experimentaciones se realizaron utilizando mangos de la variedad *Tommy Atkins* seleccionados y clasificados por tamaño uniforme y estado de madurez basado en el color, firmeza interna y atributos de calidad (Djioua *et al.*, 2009)(Chien *et al.*, 2007).

Limpieza e higienización

Los mangos enteros se lavaron con agua potable y luego con agua clorada (100 ppm de hipoclorito de sodio) durante 10 min (Djioua *et al.*, 2009).

Pelado y corte

Se retiró la cáscara de los frutos con ayuda de cuchillos en acero inoxidable desinfectados, la pulpa que se separó de la semilla se cortó hasta obtener trozos longitudinales de mango de similar tamaño, el tipo de corte se definió realizando pruebas preliminares hasta alcanzar el mayor rendimiento posible (64,2%). Posteriormente los trozos de mango se sumergieron en hipoclorito de sodio ($10\mu\text{l l}^{-1}$) durante 1 minuto y se dejaron escurrir por 2 min.

Aplicación de antioxidante y calcio

El mango cortado se sumergió en una solución de ácido cítrico al 1% + ácido ascórbico al 1% + 1% CaCl_2 durante tres minutos (Kader, 2008a).

Recubrimiento comestible

En la preparación de 1 kg de recubrimiento comestible se utilizaron 20 g de almidón de yuca diluidos en 475 ml de agua, solución que

se calentó a 75°C hasta su gelatinización. En otro recipiente, 15g de glicerina se adicionaron en 475 ml de agua, esta solución se adicionó gota a gota al gel de almidón manteniéndose en agitación constante de 1150 RPM durante diez minutos. Esta última solución se adiciona gota a gota una solución de ácido esteárico (8 g), cera de carnauba (2 g) y aceite de canola (4 g) diluidos a 85°C , con el fin de formar la emulsión (Dussan-Sarria *et al.*, 2014). Finalmente se deja el sistema en una plancha de agitación (Corning PC – 420, USA) a máxima velocidad, durante tres minutos a 85°C , luego se lleva a temperatura ambiente. El mango cortado después de la aplicación de antioxidantes y calcio, se sumergió durante dos minutos en el recubrimiento comestible formado.

Empaque y almacenamiento

Fueron acondicionados 150 g aproximadamente en cuatro (4) envases diferentes: bolsa de polietileno de alta densidad (19 cm x 14 cm) calibre 70 μm para aplicar vacío, bolsa de polietileno de baja densidad (15 cm x 15 cm) calibre 40 μm , bandeja de icopor (10 cm x 10 cm) envuelta con PVC y cajas PET (12 cm x 8 cm x 4cm). Una vez acondicionado el fruto se almacenó a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y 85% a 90% de HR (Sothornvit y Rodsamran 2008)(Kader, 2008a).

Evaluación de atributos

A las muestras de mango mínimamente procesado se realizarán análisis a los 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 días de almacenamiento.

Color

El color de la superficie de los trozos de mango se midió utilizando un colorímetro marca Kónica Minolta, Modelo: CR - 400, escala (L^* , a^* , b^*), D65 como fuente luminosa y un ángulo de observación de 10° . Las mediciones de color se expresaron con base en los parámetros de cromaticidad a^* (verde [-], rojo [+]) y b^* (azul [-], amarillo [+]). Las mediciones se realizaron por triplicado (tres rebanadas por tratamiento tomadas de diferentes envases).

Firmeza

La firmeza se midió con un penetrómetro (FORCE DIAL FDK 30, capacidad: 14kgf,

Italia). Se determinó midiendo la fuerza requerida para penetrar una punta de 8 mm de diámetro en dirección perpendicular a la superficie de la muestra de mango, los valores se expresan Kgf) (Djioua *et al.*, 2009).

pH

El pH se determina según la norma 4592 (ICONTEC, 1999a) medido con un pH-metro digital (pH-metro SCHOTT CG-842, Alemania).

Acidez titulable

La acidez se determinó según la metodología descrita en la norma NTC 4623 (ICONTEC, 1999b). Se utilizó un pH-metro SCHOTT CG-842 (Alemania). La acidez se expresó como % de ácido cítrico.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles se establecieron de forma directa en grados Brix, de acuerdo con la metodología descrita en la norma NTC 4624 (ICONTEC, 1999c). Se utilizó un refractómetro digital (Pocket Atago Pal-1, capacidad: 0-53%, Japón).

Diseño experimental y análisis estadístico

Como se observa en la Tabla 1, de cuatro tipos de envase y dos condiciones de recubrimiento comestible resultaron ocho tratamientos organizados en un delineamiento experimental completamente al azar. La unidad experimental fue cada envase que contenía el fruto cortado. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento y se aplicó análisis estadístico basado en estadística descriptiva, análisis de varianza y comparación de medias utilizando el ensayo Tukey. Estos valores se analizaron a través del software SAS 9.3 con un nivel de significancia $p < 0,05$.

Tabla 1. Designación de tratamientos aplicados en la experimentación.

Sin recubrimiento comestible	Con recubrimiento comestible
PVC	PVC-R
VACIO	VACIO-R
BOLSA	BOLSA-R
PET	PET-R

Resultados y discusión

Color

En la Figura 1 se observan los valores de las coordenadas b^* del mango MP durante el almacenamiento. En general, los tratamientos con recubrimiento comestible no muestra diferencias significativas en los resultados de color ($p < 0,05$), esto indica que la utilización del recubrimiento no afectó significativamente los cambios de color del mango. Los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, como el almidón retrasan el pardeamiento en los productos recién cortados (Chiumarelli *et al.*, 2011), estos mismos autores reportan que recubrimientos de almidón de yuca, ácido cítrico y glicerol ofrecen un efectivo mantenimiento de las características de color en muestras de mango cortado, debido al efecto combinado del recubrimiento y el ácido cítrico.

Muchos autores reportan la utilización de ácido ascórbico como un método necesario para evitar la oxidación en el mango MP (De Souza *et al.*, 2006; Kader 2008b) el ácido ascórbico o vitamina C, minimiza la oxidación de las frutas. Kader 2008b recomienda la utilización combinada de antioxidantes como de ácido ascórbico al 1%, L-cisteína 0.5 % y ácido cítrico 1% en combinación con 1% de $CaCl_2$, si el periodo de comercialización de mango es superior a 6 días, esto contribuye a aumentar la vida anaquel del mango cortado.

Los valores de coordenadas b^* indican la variación entre azul y amarillo en el sistema CIElab, se observó cierta tendencia a mantener constantes los valores b^* en el mango MP acondicionado en PET y bolsa de polietileno con recubrimiento comestibles (tratamientos Bolsa-R y PET-R) (Figura 1). En los tratamientos con recubrimiento comestible se observó cierta tendencia a aumentar los valores de b^* en los cuatro tratamientos (Figura 1a)

Según el análisis estadístico, las diferencias encontradas en la apariencia y el color son debidas a los empaques y no al tener o no recubrimiento comestible. El empaque PET contribuyó de forma positiva a la conservación del color, debido a la efectiva atmósfera modificada originada por el envase y la aplicación del recubrimiento, es decir, en

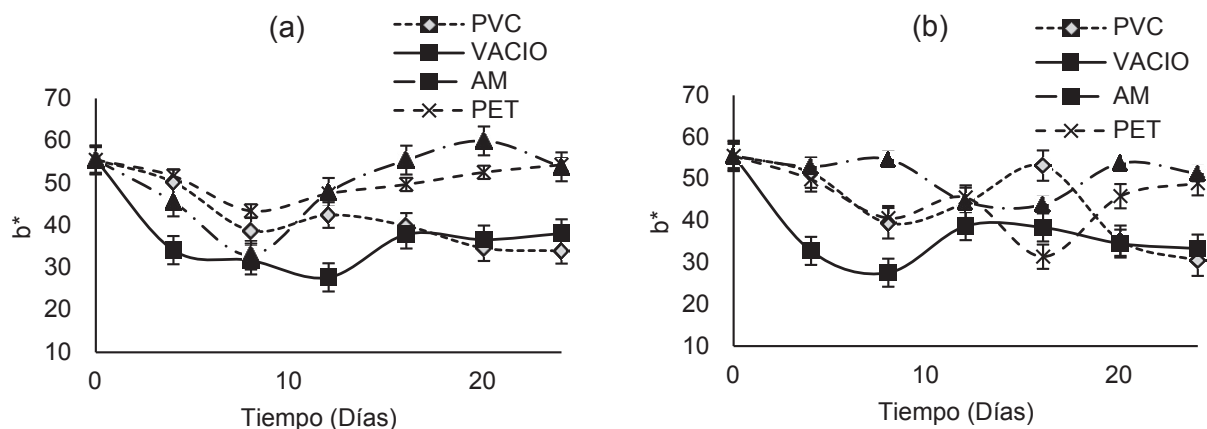


Figura 1. Cambios en los valores de coordenadas b^* de mango MP. Con recubrimiento comestible (a) y sin recubrimiento comestible (b), almacenados en PVC, empaque al vacío, bolsas de polietileno 40 μm y PET, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR.

una atmósfera baja en oxígeno y con elevada concentración de CO_2 , evitando que suceda oxidación o degradación de carotenoides (pigmentos vegetales inestables en la presencia de oxígeno) durante el almacenamiento.

Los recubrimientos comestibles también tienen potencial para transportar y mantener aditivos como agentes antipardecimiento en la superficie de los tejidos vegetales cortados (Rojas-Grau *et al.*, 2008) por lo cual tienen gran potencial en la conservación de las propiedades de color, sin afectar sus características naturales.

Firmeza

De acuerdo con el análisis estadístico la pérdida de firmeza o cambios encontrados se debieron al efecto del factor empaque y no al efecto del factor recubrimiento comestible ($p < 0,05$). Debido a la aplicación previa de cloruro de calcio en todos los tratamientos con recubrimiento comestible, o sin él se considera que el calcio fue incorporado efectivamente a los tejidos del producto y tuvo un efecto importante y positivo sobre los valores de la firmeza en el mango MP acondicionado al vacío y en PET, en los primeros cuatro días de almacenamiento, con un valor inicial en el día cero de 1,5 kgf y en el día 4 de aproximadamente 3 kgf. Análisis realizados por De Souza *et al.* (2006), reportan un efecto negativo en la firmeza de rebanadas de mango 'Kensington' tratadas con calcio y ácido cítrico, según estos autores aunque el modo de

acción de este proceso es desconocido, lo que sí pueden establecer es que la combinación de ácido cítrico con calcio duplica la pérdida de peso y, por ende, disminuye la firmeza.

Después del día 4 y hasta el día 24 de almacenamiento el tratamiento que mejor conservó la firmeza del mango MP fue el acondicionado en PET con recubrimiento comestible, encontrándose un valor de firmeza al finalizar el almacenamiento de 2,7kgf (Figuras 2a y 3). A pesar, que el mango MP en empaque al vacío inicialmente mostró valores elevados de firmeza, fue el tratamiento que mostro en promedio los menores valores de firmeza después del día 4 de almacenamiento (Figura 2a y Figura 2b). De acuerdo con lo reportado por De Souza *et al.* (2006), el tratamiento con calcio aumenta la firmeza inicial de cubos de mango en los tres primeros días de almacenamiento, comportamiento que disminuye a lo largo del ensayo. Rojas *et al.* (2008), encontraron en recubrimientos comestibles un efecto similar en manzanas, reportando que este ayuda a evitar el deterioro de la firmeza.

De Souza *et al.* (2006) reportan una tendencia al ablandamiento de muestras de mango al utilizar empaque al vacío, no obstante la concentración de gases dentro del empaque no influye en la firmeza del producto MP

Por otra parte, la heterogeneidad en los frutos y la falta de uniformidad en la estructura interna del material biológico, provocada por la dificultad de homogenizar inicialmente

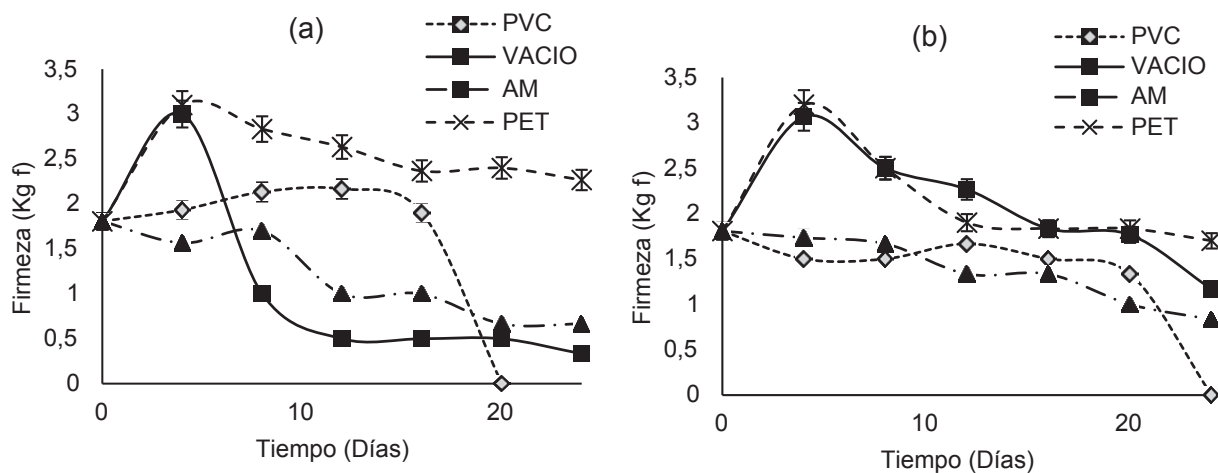


Figura 2. Cambios en los valores de firmeza de mango MP. con recubrimiento comestible (a) y sin recubrimiento comestible (b), almacenados en PVC, empaque al vacío, bolsas de polietileno 40 μ m y PET, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR.

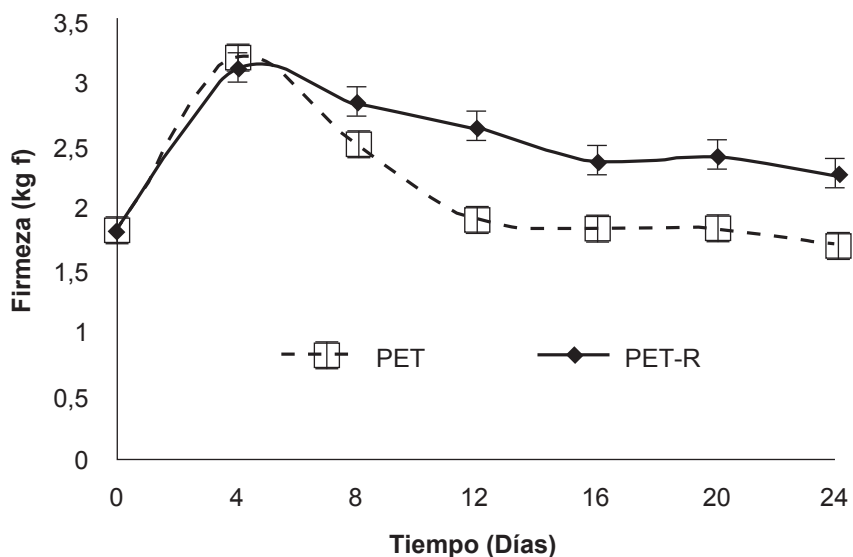


Figura 3. Cambios en los valores de firmeza de mango MP almacenado en cajas de PET, con recubrimiento comestible y sin recubrimiento comestible, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR.

en la experimentación frutos con idéntico grado de maduración, promueve desviaciones en los valores de firmeza en diferentes materias primas de origen biológico (Chiumarelli y Hubinger 2012; Chiumarelli *et al.*, 2011) Esto puede explicar en parte la desuniformidad en los valores graficados (Figura 2a y Figura 2b)

pH

Se observa una disminución considerable de los valores de pH debido a la aplicación

de ácido cítrico y ácido ascórbico (Figura 4a y Figura 4b). En el día 0 (sin aplicación de ácidos) el mango presentaba un pH de 4,05 y en el día 4 de almacenamiento en media reveló un valor de 3,50. A partir del día 4 de almacenamiento en todos los tratamiento y transcurrido el periodo de almacenamiento, se observó disminución de los valores de pH con la tendencia a mantenerse constantes hasta el final del almacenamiento. En media, para los tratamientos con recubrimiento el valor

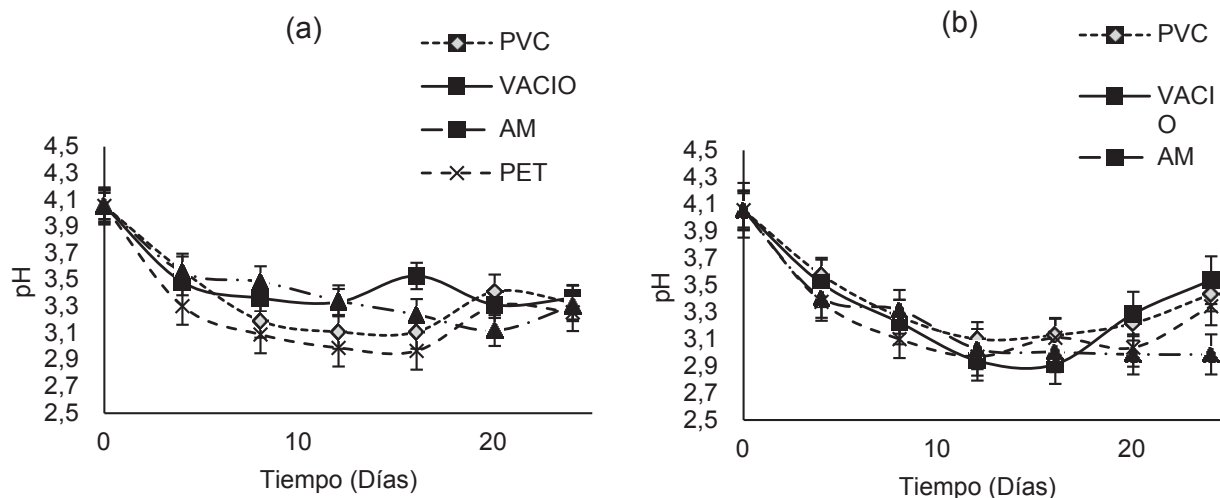


Figura 4. Cambios en los valores de pH de mango MP, con recubrimiento comestible (a) y sin recubrimiento comestible (b), almacenados en PVC, empaque al vacío, bolsas de polietileno 40 μm y PET, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR

final de pH fue de 3,10 y en los tratamientos sin recubrimiento comestible fue de 3,46.

Con base en los valores de pH, AT y SS se puede analizar que estos cambios son consecuencia de la fase de maduración en la que se encuentra el mango MP. Hasta el día 16 de almacenamiento hay una tendencia al aumento en los valores de AT, disminución de los valores de pH y aumento de los valores de SS (Figura 4, Figura 5 y Figura 6), estos cambios son debidos a la producción de ácidos orgánicos (ácidos tricarbóxicos o ciclo de Krebs) y a la hidrólisis de almidones a azúcares. Durante este periodo (seguramente presenta un incremento en la actividad respiratoria

(pico climatérico), que implica un consumo de sustratos (azúcares y ácidos orgánicos) originando una disminución en los valores de AT, SS y aumento en los valores de pH.

Posterior al día 16 de almacenamiento se cree que el proceso respiratorio se desacelera y continúa en la etapa de senescencia con menor consumo de azúcares y ácidos orgánicos. En promedio durante todo el almacenamiento, el tratamiento que presentó menor valor de pH fue el PET-R, con un valor de 3,15 y el que presentó el mayor valor fue el mango acondicionado a VACÍO-R, con un valor de 3,40. En la estabilidad de alimentos, lo más adecuado es que el alimento durante

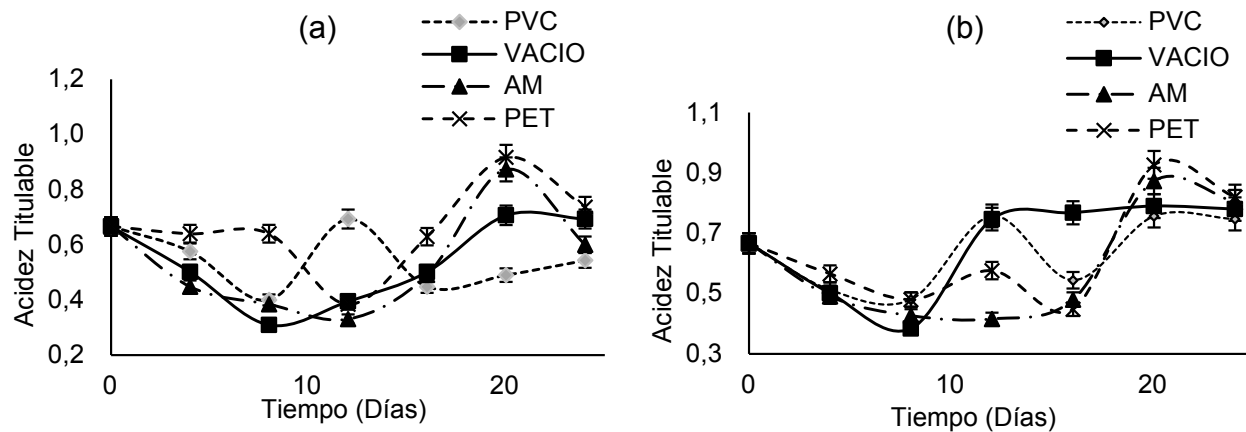


Figura 5. Cambios en los valores acidez titulable de mango MP, con recubrimiento comestible (a) y sin recubrimiento comestible (b), almacenados en PVC, empaque al vacío, bolsas de polietileno 40 μm y PET, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR.

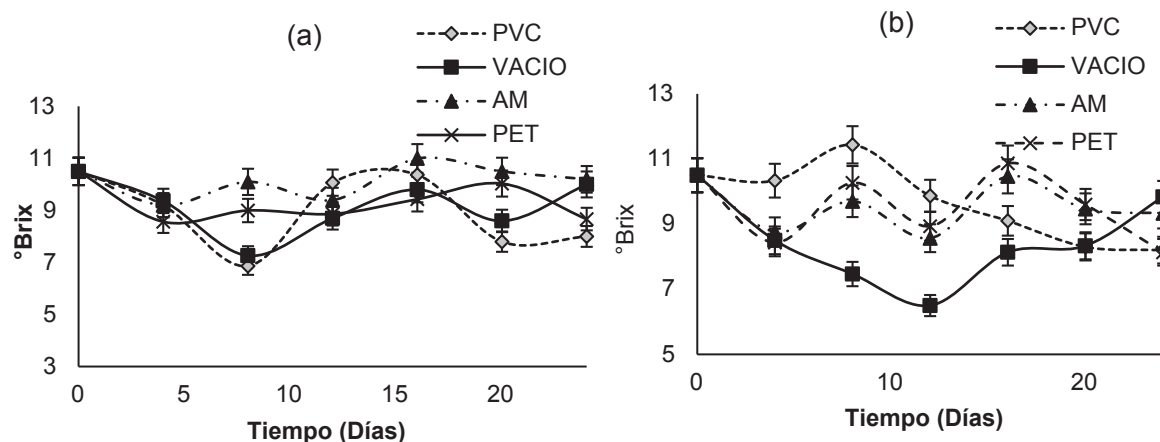


Figura 6. Cambios en los valores de °Brix de mango MP. con recubrimiento comestible (a) y sin recubrimiento comestible (b), almacenados en PVC, empaque al vacío, bolsas de polietileno 40 μm y PET, almacenado a $5\pm 1^\circ\text{C}$ y $90\pm 2\%$ de HR

su conservación presente valores de pH bajos, en lo posible valores menores a 4,5, pues esta condición no permite la proliferación de microorganismos patógenos en especial la bacteria *Clostridium botulinum*.

La aplicación de ácidos orgánicos a las muestras de mango cortado también repercute en el aumento en los valores de acidez.

Acidez titulable

Se observó en el día 0 un valor de AT de 0.53 y en el día 4 de almacenamiento un valor de 0,54 leve aumento observado en todos los tratamientos debido a la incorporación de ácidos orgánicos (antioxidantes) en el tejido del mango MP. Este aumento en los valores de AT se mantiene entre el día 14 a 16 (Figura 5), periodo en el cual experimenta un leve descenso para que al final del periodo de almacenamiento exhiba nuevamente valores elevados debido a la disminución de la intensidad respiratoria o consecuentemente menor consumo de ácidos orgánicos (etapa de senescencia).

Posterior a esto se presentan variaciones por la aplicación del recubrimiento y por los empaques utilizados, en general los valores de acidez de todas las muestras recubiertas son menores que las muestras sin recubrimiento, con lo cual se corrobora que la aplicación de calcio y recubrimiento comestible tiene la capacidad de disminuir la permeabilidad de las membranas celulares, y reducir los cam-

bios metabólicos de las células, efecto que se refleja en el contenido de sólidos solubles y ácidos orgánicos y contribuye a aumentar la firmeza del mango cortado y a extender el tiempo de almacenamiento.

Sólidos solubles (°Brix)

En la Figura 6, se observa que entre el día 0 y el día 16 hubo un aumento progresivo en los valores de SS al variar de 9,0 a 10,9 °Brix. Este aumento es debido a la hidrólisis de almidones propio del proceso de maduración de frutos climatéricos como el mango. En el día 15 a 16 se considera que existe una aceleración del metabolismo que conllevó al consumo de azúcares y disminución de los valores de SS. Ya después de este periodo se observó la tendencia a disminuir los valores, es decir, hubo una reducción en el metabolismo propia de la etapa de senescencia. Al final del periodo de almacenamiento los tratamientos que exhibieron los mayores valores de SS fue el mango MP en bolsa de polietileno con R y en vacío-R con valores de 10,2 °Brix y 10,0 respectivamente. Chien *et al.* (2007), reportaron una caída de los valores de sólidos totales y de la acidez titulable después del séptimo día de almacenamiento en mango cortado recubierto con quitosano.

El efecto positivo del empaque PET en el mango MP, sumado a la aplicación de recubrimiento comestible, conserva las propiedades de color y desacelera el proceso

metabólico de la maduración que incluye los atributos de calidad evaluados, esto debido a la efectiva atmósfera modificada lograda por el cierre hermético del envase y la aplicación del recubrimiento. El cierre hermético permite valores bajos de permeabilidad al O₂, CO₂ y vapor de agua. En estas condiciones se genera en el alimento una disminución en las concentraciones de oxígeno y un aumento de las concentraciones de CO₂ en el interior del envase. También está comprobado que la utilización de ácido cítrico reduce las tasas de respiración y de producción de etileno de rebanadas de mango (Fontes *et al.*, 2008).

Debido al estrés que se produce en el tejido por la operación de pelado y corte en el procesamiento, las tasas de respiración tienden a aumentar (Chiumarelli y Hubinger 2012; Kader, 2008b; Machado *et al.*, 2010). A pesar de haber sido determinadas tasas respiratorias, en los días 20 y 24 de almacenamiento con el uso del recubrimiento comestible redujo la velocidad de respiración si se compara con las muestras almacenadas sin recubrimiento en donde se presentó embobamiento del envase.

Este efecto positivo en la prolongación de la vida anaquel de trozos de mango almacenados en empaques de polietileno tereftalato (PET) ha sido reportado por Donadon y Durigan 2004, Singh *et al.*, 2007) y Chonhenchob *et al.*, 2007, los cuales concluyen que la vida en anaquel de mangos pre cortados puede ser extendida en empaques de PET, debido a la reducción de oxígeno y al aumento en la concentración de dióxido de carbono.

La aplicación previa de antioxidantes y cloruro de calcio en mango MP también contribuyó positivamente a la conservación del producto, principalmente de los valores de firmeza, pH y AT, durante el almacenamiento refrigerado. Robles-Sánchez *et al.* (2007) encontraron que el tratamiento de mango MP con ácido ascórbico, ácido cítrico y CaCl₂ y el almacenamiento a baja temperatura (5°C) fue óptimo y permite el mantenimiento de la aceptabilidad comercial del producto hasta por 16 días. El efecto positivo en la conservación del mango cortado es función de una buena materia prima, estado óptimo de

madurez, buenas prácticas de manufactura, empaque adecuado, tratamientos agroindustriales y uso del frío.

Conclusión

- El tratamiento agroindustrial integral que permitió conservar los atributos físico-químicos del mango *Tommy Atkins* mínimamente procesado por un periodo máximo de 24 días a condiciones de refrigeración de 5±1°C y 90±2% de HR, consistió en la inmersión en ácido ascórbico a 1% v/v, ácido cítrico a 1% v/v y CaCl₂ a 1% v/v, posteriormente la aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca, glicerol, cera de carnauba y aceite de canola y, finalmente, el acondicionamiento en empaque PET (polietileno tereftalato).

Agradecimientos

Los autores agradecen al profesor Mario García y a Marzory Andrade por su colaboración en el análisis estadístico, al grupo de Investigación “Manejo y agroindustrialización de productos de origen biológico” y a la Vicerrectoría de Investigación y Dirección de Investigación en Sede Palmira (DIPAL) de la Universidad Nacional de Colombia, por el respaldo económico brindado al proyecto.

Referencias

- CCI. Corporacion Colombia Internacional. 2009. Proyecto Mango de Exportacion. Disponible en: http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/520mango_exp_consejo_mango_jun2009.pdf
- Chien, P., Fuu S., y Feng Y. 2007. Effects of Edible Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Sliced Mango Fruit. *Journal of Food Engineering*. 78, (1) : 225–229.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C., Sarantópoulos C., y Hubinger M. 2011. Fresh Cut ‘Tommy Atkins’ Mango Pre-treated with Citric Acid and Coated with Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Starch or Sodium Alginate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12, (3): 381–387.
- Chiumarelli, M., y Hubinger M.. 2012. Stability, Solubility, Mechanical and Barrier Properties of Cassava Starch – Carnauba Wax Edible Coatings to Preserve Fresh-cut Apples. *Food Hydrocolloids* 28, (1): 59–67.

- Chonhenchob, V., Chantarasomboon, Y. y Singh P. 2007. Quality Changes of Treated Fresh- Cut Tropical Fruits in Rigid Modified Atmosphere Packaging Containers. *Technol. Sci.* (20): 27–37.
- De Souza, B., Timothy J., Durigan J., y de Souza P. 2006. Impact of Atmosphere, Organic Acids, and Calcium on Quality of Fresh-cut 'Kensington' Mango. *Postharvest Biology and Technology* 42, (2)161–167.
- Djioua, T., Florence C., Murillo F., Heloisa F., Marie D., y Huguette S. 2010. Combined Effects of Postharvest Heat Treatment and Chitosan Coating on Quality of Fresh-cut Mangoes (*Mangifera Indica L.*). *International Journal of Food Science & Technology* 45, (4): 849–855.
- Djioua, T., Florence C., Lopez F., Filgueiras H., Murillo A., Ducamp M. y Sallanon H. 2009. Improving the Storage of Minimally Processed Mangoes (*Mangifera Indica L.*) by Hot Water Treatments. *Postharvest Biology and Technology* 52, (2): 221–226.
- Donadon, J., y Durigan J. F. 2004. Production and Preservation of Fresh-cut 'Tommy Atkins' Mango Chunks. *Acta Hort* (645): 257–260.
- Dussan-Sarria, S., Torres-León, C., Hleap-Zapata, J. I. 2014. Efecto de un recubrimiento comestible y diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de Mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado, *Inf. Tecnol.* 25(4), en prensa.
- FAO. Producción de Alimentos y Productos Agrícolas. *FAOSTAT*, 2012. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>
- Fontes L., Sarmiento S., Spoto M. y Dias C. 2008. Preservation of Minimally Processed Apple Using Edible Coatings. *Ciencia e Tecnologia De Alimentos* 28, (4): 872–880.
- Gómez, E. 2011. Recubrimientos para frutas y hortalizas." In *V Curso Internacional Tecnologia Poscosecha y Procesamiento Minimo*, 32. Cartagena, España.
- ICONTEC. NTC 4592. Productos, frutas y verduras determinación del pH, 1999.
- ICONTEC. NTC 4623. Productos, frutas y verduras determinación de la acidez titulable, 1999.
- ICONTEC. NTC 4624. Jugo de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractimétrico., 1999.
- Kader, A. A. 2008a. Fresh-cut Mangos as a Value-added Product (Literature Review). Orlando, FL, USA, Disponible en: <http://www.mango.org/es/industry/research/producto-fresco-cortado-como-producto-de-valor-agregado-consulta-literaria>.
- Kader, A. A. 2008b. Parámetros de calidad y estándares de clasificación en mango. 2008. Revisión de información disponible y futuras necesidades de investigación. Orlando, FL, USA. http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/estandares_de_calidad_de_mango_reporte_completa.pdf.
- Machado, S., Ribeiro R., and Schieber A. 2010. Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera indica L.*). *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables* (34) 507–523.
- Robles M., Gorinstein S., Martín O., Astiazarán H., González G. y Cruz R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32, (83000): 227–232.
- Rojas M., Tapia, M. y Belloso, O. 2008. Using Polysaccharide-based Edible Coatings to Maintain Quality of Fresh-cut Fuji Apples. *Food Science and Technology* (41) 139–147.
- Singh, S., Chonhenchob V., Chantanasomboon Y., y Singh J. 2007. Testing and Evaluation of Quality Changes of Treated Fresh-cut Tropical Fruits Packaged in Thermoformed Plastic Containers. *J. Testing* 35.
- Singh, Z., Singh, R., Sane, V. y Nath, P. 2013. Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32(4), 217–236.
- Sothornvit, R. y Rodsamran P. 2008. Effect of a Mango Film on Quality of Whole and Minimally Processed Mangoes. *Postharvest Biology and Technology* 47, no. (3) 407–415.
- Tovar, B., García H., y Mata M. 2001. Physiology of Pre-cut Mango II . Evolution of Organic Acids. *Food Research International* (34) 705–714.