

CONSERVACIÓN DE MORA DE CASTILLA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE GEL DE MUCÍLAGO DE PENCA DE SÁBILA

BLACKBERRY CONSERVATION THROUGH THE APPLICATION OF EDIBLE COATING OF ALOE VERA MUCILAGINOUS GEL

Jhon D. RAMÍREZ Q.^{1*}, Iván D. ARISTIZÁBAL T.¹, Jorge I. RESTREPO F.¹

Recibido: Enero 17 de 2013 Aceptado: Noviembre 21 de 2013

RESUMEN

Antecedentes: La mora de castilla es una fruta comercialmente importante, pero altamente perecedera. Los recubrimientos comestibles se han utilizado para mejorar la apariencia y la conservación de los alimentos, minimizan el deterioro de las frutas provocados por la senescencia, el crecimiento de microorganismos y las condiciones de manejo poscosecha. Entre los materiales utilizados en los recubrimientos esta el Aloe vera. **Objetivo:** Evaluar la aplicación de un recubrimiento comestible a base del mucílago de penca sábila sobre la mora, para aumentar la vida útil de acuerdo al comportamiento fisicoquímico, microbiológico y sensorial durante el almacenamiento refrigerado. **Métodos:** El recubrimiento comestible se elaboró con gel mucilaginoso de penca sábila, el cual se aplicó por inmersión de la fruta con posterior secado, almacenados en refrigeración durante 10 días y evaluando el comportamiento fisicoquímico; la firmeza fue determinada usando un texturómetro con sonda de 5 mm de diámetro llevada a una penetración del 50% del diámetro del fruto, mientras que el color se determinó en las coordenadas L^* , a^* , b^* con un espectrocolorímetro. La diferencia de color (ΔE) se calculó tomando como base el control al día cero. La evaluación de mesófilos y de mohos y levaduras se realizó por recuento de colonias en placa a 35°C y 25°C, respectivamente. Los atributos sensoriales fueron evaluados por aproximación multidimensional a través de una escala descriptiva. **Resultados:** La aplicación del recubrimiento sobre los frutos de mora pudo disminuir la pérdida de peso en 2,5%, mantuvo la firmeza en un 44% más, los valores en las coordenadas de color descendieron en ambos cromas a^* y b^* , el recuento de mesófilos fue de un 69% menos y en mohos y levaduras un 60% menos para el tratamiento. Los atributos sensoriales en los frutos con recubrimiento mostraron una mejor calificación, la tasa de respiración fue menor en un 47% en los frutos con tratamiento. **Conclusiones:** Los frutos recubiertos mostraron una disminución a su favor en la tasa de respiración, en variables fisicoquímicas, microbiológicas y en los atributos sensoriales en comparación con los frutos control. Se logró aumentar la vida útil de la mora recubierta en 3 días, en comparación con el control.

Palabras clave: Mora, aloe vera, mucílago, recubrimiento comestible, vida útil.

¹ Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Colombia. A.A. 568.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: jdramirezq@unal.edu.co

ABSTRACT

Background: The blackberry is a commercially important fruit, but highly perishable. The edible coating has been used traditionally to improve food appearance and conservation, it is helpful to decrease damage caused by fruit senescence, the growth of microorganisms and postharvest handling conditions. Among the materials used as coatings is the Aloe vera. **Objective:** To evaluate the application of an edible coating made of aloe vera mucilage on blackberry, in order to increase shelf life according to the physicochemical, microbiological and sensory behavior. **Methods:** Edible coating was developed with aloe vera mucilaginous gel, this was applied by dipping the fruit in it, to subsequently dry at room temperature and store under refrigeration conditions for 10 days, while evaluating the physicochemical behavior; firmness was determined using a texture analyzer with a flat stainless steel probe of 5 mm diameter, applying a penetration of 50% diameter of fruit; L^* , a^* , b^* color parameters were evaluated with a spectrum-colorimeter. Color difference (ΔE) was calculated taking as based the value of control fruit at day zero. The evaluation of mesophiles and molds and yeasts was done by counting of colonies in plate at 35°C and 25°C, respectively. Sensorial attributes were evaluated by multidimensional approximation with a descriptive scale. **Results:** The application of edible coating decreased the weight loss in 2.5%, maintained the firmness a 44% more, the values in the color coordinates a^* and b^* decreased, the mesophiles count was 69% less and yeasts and molds was 60% less for treatment. The sensory attributes in coated fruits showed a better grade. The respiration rate was 47% lower in comparison with control fruits. **Conclusions:** Fruits with edible coatings showed a decrease in respiratory rate, physicochemical, microbiological and sensory attributes compared to the control fruits. It was possible to increase the shelf life of blackberry 3 days more, compared with the control.

Keywords: Blackberry, aloe vera, mucilage, edible coating, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) es considerada un fruto no climatérico (1), frágil a la manipulación y al ataque de hongos. Los principales efectos de un deficiente almacenamiento son la pérdida de peso, cambios de color y ablandamiento, los cuales son acompañados por la aparición de la pudrición debido principalmente a bacterias como *Erwina*, *Pseudomonas* y a hongos como *Penicillium*, *Botrytis*, *Aspergillus* y *Fusarium* (2, 3) que pueden provocar importantes pérdidas en poscosecha y económicas (4, 5). En periodos largos de almacenamiento los cambios en la firmeza incrementan la susceptibilidad al ataque y crecimiento de los microorganismos. La pérdida de calidad de frutas en poscosecha tiene una importancia significativa comercial y económica (6). Otro de los atributos importantes para la comercialización de la mora es el color; la decoloración en la mora se puede dar por la pérdida de jugos en las frutas inmaduras (7). La reducción de la intensidad respiratoria minimiza las pérdidas de aroma, sabor, color, textura y calidad de otros atributos del producto almacenado (8), permitiendo conservar la calidad del fruto por mucho más tiempo.

Los recubrimientos comestibles (RC) son matrices continuas que pueden ser formadas por proteínas, polisacáridos y lípidos, las cuales proveen la posibilidad de mejorar la calidad de los alimentos mediante la limitación de migración de humedad, grasa, oxígeno y compuestos responsables del sabor, color y aroma (9). Los RC en frutas y vegetales ayudan a extender la vida útil (10) y retardar el proceso de senescencia (11, 12), además de ser seguros para la incorporación de compuestos antimicrobianos (13). A través de la búsqueda del aprovechamiento y nuevos usos de diferentes materiales con propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales aptas para su empleo como RCs se llegó a los mucílagos (14). Recientemente, el gel de Aloe vera ha tenido un interesante incremento en la industria de alimentos como RC al ser aplicado sobre fresas frescas y otros productos vegetales, permitiendo aumentar su vida útil, además de las propiedades físicas y sensoriales (15, 16).

El objetivo de esta investigación fue aumentar la vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de un gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de frutas, de microscopía y de control de calidad de alimentos de la Universidad Nacional de Colombia –Sede Medellín, así como en el laboratorio de control de calidad de alimentos de la Corporación Interactuar y en el laboratorio de análisis sensorial de la Fundación Intal.

Se utilizó frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes de cultivos comerciales de la vereda Pantanillo del municipio de Envigado (Antioquia, Colombia) con grado de madurez 5, los cuales se clasificaron teniendo en cuenta la uniformidad de acuerdo con la NTC-4106 (1). El gel mucilaginoso utilizado para el recubrimiento de los frutos fue extraído de hojas de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) provenientes de cultivos comerciales del municipio de Guarne (Antioquia, Colombia), suministradas por la empresa Aloe de Colombia. La cera carnauba grado alimentario en escamas (fase oleosa), el polisorbato 80 (mono oleato de sorbitan) como emulsificante, y el glicerol al 99,5% como plastificante fueron adquiridos comercialmente.

Preparación del recubrimiento comestible

En pre-ensayos realizados se observó la eficacia del RC formulado de acuerdo a las recomendaciones y metodología propuesta por Restrepo, 2009 (16), logrando obtener un RC con adherencia a la epidermis de la mora. De forma general, el gel mucilaginoso se formuló a una concentración del 50% P/P en una dilución acuosa con agua destilada con adición de 0,1% de cera carnauba y 0,75% de glicerol, calentando hasta 90°C durante 5 min e inmediatamente enfriado a 25°C, para posteriormente adicionar 0,01% de polisorbato 80 y homogenizar a 24.000 rpm por 4 min en un equipo Ultra-Turrax® (IKA, Alemania).

Microscopía de la emulsión

El análisis microestructural de la emulsión se realizó por microscopía electrónica de barrido (SEM) (JSM 5910 LV, JEOL Ltd, Japón) bajo condiciones de vacío a 15 Pa, previo secado de la muestra. Las micrografías fueron tomadas a 500 y 10.000X para determinar el tamaño de partícula grasa y la dispersión en la emulsión.

Aplicación del recubrimiento comestible

La emulsión del RC se aplicó manualmente sobre la epidermis del fruto por inmersión durante 30 segundos, luego se realizó un secado a 20°C (17). Los frutos se dividieron aleatoriamente en 10 lotes de 20 frutos con RC cada uno, los cuales se empacaron en las cajas con tapa perforadas de PET y se almacenaron bajo refrigeración a 5°C y 85 ± 5% HR. Igual procedimiento se realizó para los frutos control, los cuales se sumergieron en agua destilada. Las evaluaciones en ambos tratamientos (RC y control) se realizaron con tres réplicas y siete repeticiones. Se evaluaron durante los días 1, 3, 5, 7 y 10.

Evaluaciones

Pérdida de peso

Las pérdidas de peso (%PP) fueron determinadas por gravimetría, mediante el registro de los pesos de cada lote en el día 0 (peso inicial -Pi) menos la diferencia en las diferentes fechas de muestreo hasta el día final (Pf) del almacenamiento; las pérdidas acumuladas de peso se expresan como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación:

$$\% PP = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Intensidad respiratoria

Fue determinada de acuerdo al método citado por Márquez *et al.*, 2007 (18), que se fundamenta en la modificación del método químico de Pettenkofer, el cual consiste en introducir 500 g del fruto en una cámara de respiración hermética, posteriormente se neutraliza el CO₂ producido por los frutos en una hora, en relación al peso. Los resultados se expresan como mg de CO₂ • h⁻¹ • kg⁻¹.

Firmeza

La firmeza fue determinada para cada fruta utilizando un analizador de textura TA.XT2 (Stable Micro System) y el software Texture Expert Exceed® v 2.64. Se utilizó una sonda de acero inoxidable plana de 5 mm de diámetro (Referencia P/5), a una velocidad de 2 mm/s y una penetración hasta 10 mm de profundidad (50% del diámetro del fruto) sobre una de las caras en la zona ecuatorial media de cada fruto hasta el receptáculo (19).

Análisis físicoquímicos

Los sólidos solubles totales (SST) fueron determinados con un refractómetro Hanna® modelo HI 96801; el % de acidez se determinó por titulación potenciométrica; los resultados fueron expresados como % de ácido málico; los cálculos y resultados fueron realizados de acuerdo a la NTC 4106 (1). El pH se determinó pesando 10 g de pulpa, los cuales se homogenizaron en 100 ml de agua destilada a 20° C, y se determinó con un potenciómetro (pH metro) Hanna® modelo Session1, previamente calibrado con soluciones Buffer de 4 y 7 (6).

Medición instrumental del color

Ésta se realizó sobre el epicarpio de la zona ecuatorial de cada fruto tomando tres lecturas en diferentes puntos, utilizando un espectrocolorímetro X-Rite, obteniendo las coordenadas de color $L^* a^* b^*$, donde L^* indica la luminosidad, a^* indica la cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+) y b^* indica cromaticidad azul (-) a amarillo (+). Con estas coordenadas se calculó la diferencia de color (ΔE) utilizando la siguiente expresión (ecuación 2):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Ecuación 2.}$$

donde: ΔL^* , Δa^* y Δb^* representan las diferencias de las coordenadas de color de los frutos en los días 1, 3, 5, 7 y 10, respecto a las coordenadas de los frutos de control en el día cero.

Análisis Microbiológicos

El recuento de bacterias mesófilas se realizó de acuerdo a la NTC 4519 (20), por la técnica de recuento de colonias en placa a 35 °C, norma equivalente a la ISO 4833. Los resultados fueron reportados como UFC (unidades formadoras de colonias) de bacterias mesófilas. El Recuento de mohos y levaduras se realizó de acuerdo a la NTC 4132 (21), con base en la técnica de recuento de colonias en placa a 25°C, norma equivalente a la ISO 7954. Los resultados fueron reportados como UFC de mohos y levaduras.

Análisis sensorial

Se llevó a cabo en un laboratorio sensorial externo con un panel compuesto por 9 jueces entrenados previamente. La prueba utilizada fue un perfil sensorial por aproximación multidimensional para el tratamiento y el control, a través de una escala descriptiva. De acuerdo a las normas NTC 3932 (22) y NTC 5328 (23) se evaluó los atributos de sabor característico, color, olor/aroma característico y firmeza.

Análisis estadístico de datos y diseño experimental

Se utilizó análisis de varianza para determinar efectos significativos ($P < 0,05$) y el método LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el paquete Statgraphics Plus® (Chicago, Il, USA) para realizar los análisis estadísticos.

Los frutos fueron divididos aleatoriamente en 10 lotes de 20 frutos, se empacó en las cajas y se almacenaron bajo refrigeración a $5^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ y $85 \pm 1\%$ HR.

Las evaluaciones en ambos tratamientos (con recubrimientos y sin recubrimiento) fueron realizadas con tres réplicas y siete repeticiones. Las variables pérdida de peso, sólidos solubles, pH, acidez titulable e índice de respiración fueron evaluadas durante los días 1, 3, 5, 7 y 10.

RESULTADOS

Microscopia de la emulsión

La figura 1 presenta la micrografía a 500 (a) y 10.000 (b) aumentos del recubrimiento en emulsión donde se presenta la dispersión y el tamaño de las gotas de cera de carnauba que en promedio se encuentra entre 2,5 y 5 μm .

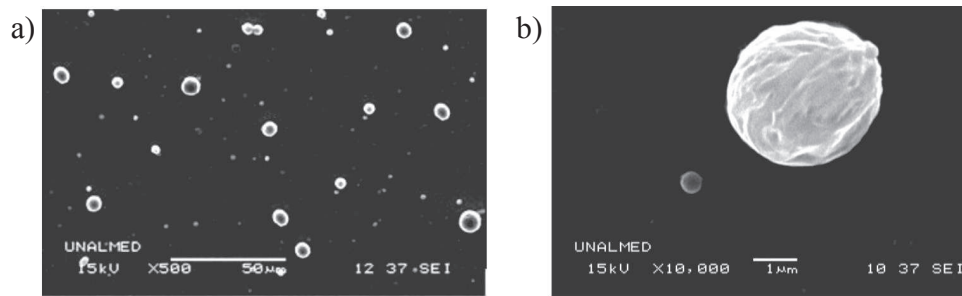


Figura 1. Micrografía del recubrimiento emulsión con cera carnauba a 500X (a) y 10.000X (b).

Pérdida de peso

La pérdida de peso de la mora fue diferente estadísticamente al comparar los tratamientos control y con recubrimiento a partir del día 3 de almacenamiento (figura 2), la aplicación del RC redujo la pérdida de peso en un 2,5%.

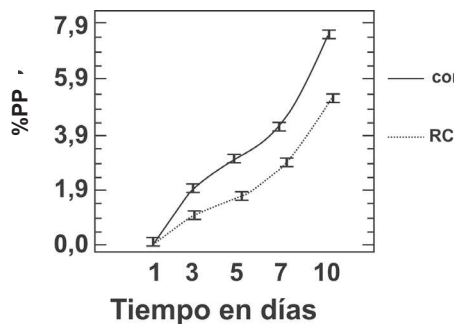


Figura 2. Evolución del % PP evaluado en mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas durante 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Firmeza

La figura 3 presenta la evolución de la firmeza de la mora tratada y control durante el almacenamiento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 10 días. El análisis de varianza reportó diferencias significativas ($P < 0,05$) por efecto del tratamiento con mucílago de penca sábila y del factor tiempo a partir del día 3. Después del primer día la firmeza se redujo en ambos casos, pero la muestra con recubrimiento presentó valores significativamente más altos frente al control. Esta tendencia se mantuvo hasta el final del almacenamiento.

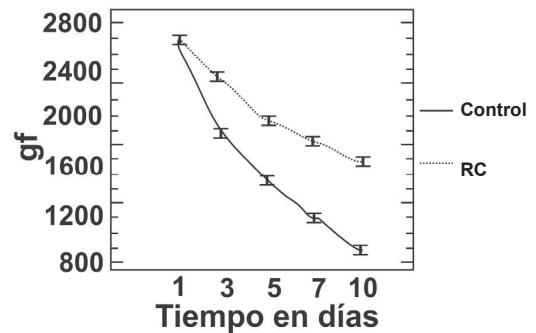


Figura 3. Evolución de la firmeza en gramos fuerza (gf) en mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Análisis fisicoquímicos

Los SST de las moras presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los tratamientos control y con recubrimiento a partir del día 3 de almacenamiento. El pH en función del tiempo de almacenamiento presentó aumento significativo aunque los rangos de variación son mínimos, exhibiendo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tiempos 1 y 10 para control y el tratamiento con RC (figura 4a). El % de acidez de los frutos exhibieron diferencias significativas ($P < 0,05$) a partir del día 5 en los frutos con recubrimientos respecto a los frutos control (figura 4b). Ambos tratamientos mostraron un comportamiento de disminución, pasando de 2,8% a 2,5% para el tratamiento y a 2,1% para el control.

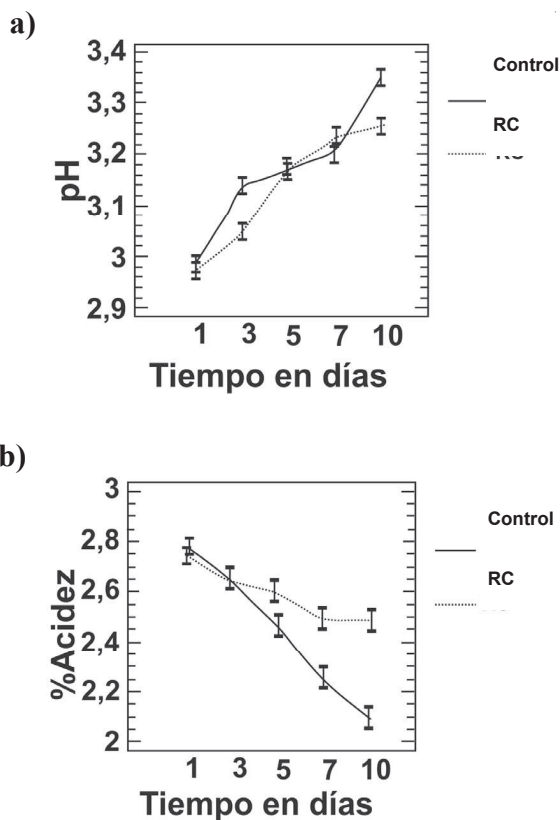


Figura 4. Evolución de características físico-químicas de pH (a) y % de acidez (b) evaluados en mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas durante 10 días a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Intensidad respiratoria

La figura 5 presenta los valores medios con intervalos LSD (95%) de la intensidad respiratoria cuantificado a los días 1, 3, 5, 7 y 10 en las moras control y las moras recubiertas con mucílago de penca sábila, presentándose diferencias significativas ($P < 0,05$). Los valores encontrados al día 1 coinciden con los reportados por Farinango, 2010 (24), entre 22 y 28 $\text{mg de CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ para mora fresca grado 5 almacenadas a 4°C y 90 – 95 % HR. La intensidad respiratoria en ambos tratamientos tuvo un comportamiento ascendente, donde el tratamiento fue 47 % inferior al obtenido en el control. Este valor tiene la tendencia de algunas bayas estudiadas con RC de Aloe vera; Restrepo *et al.*, 2010 (17) y Vargas *et al.*, 2006 (25), evaluaron fresa.

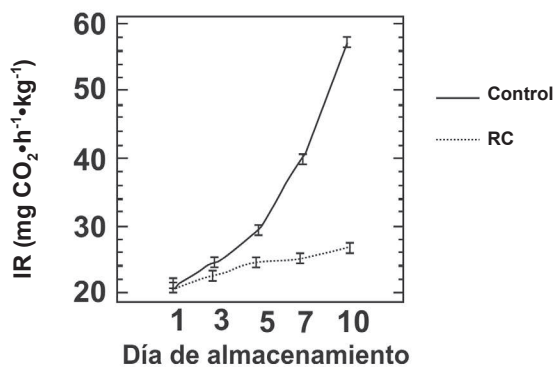


Figura 5. Comportamiento de la intensidad respiratoria ($\text{mg de CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) para mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas durante 10 días a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Color

La figura 6 exhibe los valores medios con intervalos LSD (95%) de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* en la epidermis de la zona ecuatorial de los frutos control y con RC evaluados a los días 1, 3, 5, 7 y 10 de almacenamiento. En la coordenada L^* se presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) por efecto del factor tiempo entre el día 1 y el día 10 tanto para el tratamiento como para el control, (véase figura 6a). De igual manera hubo una diferencia significativa ($p < 0,05$) después del día 3 entre el tratamiento y el control. Con respecto a la coordenada a^* se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$), obteniendo un descenso en los valores comparados desde el día 1 hasta el día 10 de almacenamiento (figura 6b), los frutos recubiertos no presentaron diferencia significativa entre ellos después del día 5 de almacenamiento, conformando un grupo homogéneo. En la coordenada cromática b^* no se presentaron diferencias significativas entre el control y el tratamiento al día 10. En cuanto al factor tiempo se encontró una diferencia significativa, donde el control al día 1 tuvo un valor promedio de $11,05 \pm 0,30$ y para el día 10 declinó a $5,59 \pm 0,22$, y para el tratamiento RC el día 1 presentó un valor promedio de $11,30 \pm 0,41$ y para el día 10 disminuyó hasta $7,18 \pm 0,30$ (figura 6c).

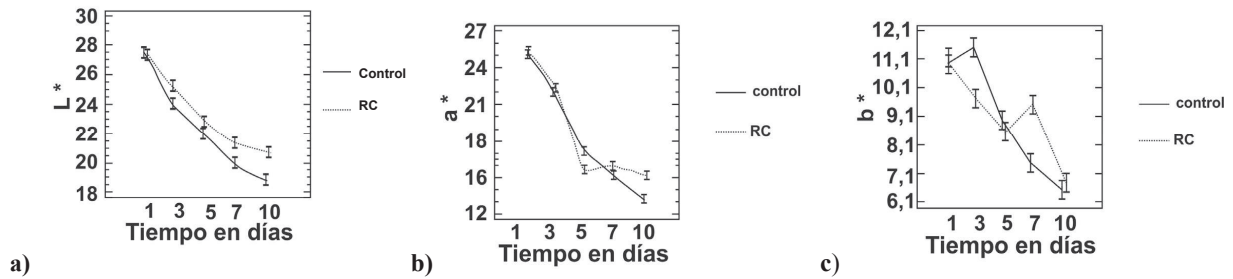


Figura 6. Evolución de los parámetros de color L^* (a), a^* (b) y b^* (c) en la zona ecuatorial del fruto evaluados en mora sin recubrir (control) y en mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenados 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Diferencia de color (ΔE)

En la figura 7 se observa que a partir del día 1 tanto en el control como en el tratamiento con RC se evidenció un incremento en el cambio del color. El ANOVA mostró diferencia significativa ($P < 0,05$) entre el control y el tratamiento al día 10 de almacenamiento, siendo los frutos tratados con RC los que presentaron un menor cambio. Algunos fenómenos fisiológicos en los tejidos como la transpiración se ven reflejados en la pérdida de humedad durante el almacenamiento, lo cual puede afectar el cambio de color (14).

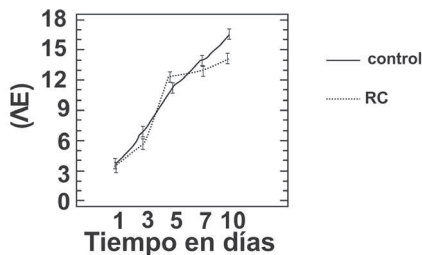


Figura 7. Evolución de la diferencia de color (ΔE^*) evaluada en mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Microbiológicos

La figura 8a muestra el recuento de mesófilos durante los días de almacenamiento. Como se puede observar, tanto la mora control como la mora con RC tuvieron un considerable ascenso del crecimiento de mesófilos. El ANOVA presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) por efecto del tratamiento y del tiempo en todos los días evaluados pasado el día 1. Se obtuvo una importante acción retardante del RC de hasta un 69% menos. Esto puede ser debido a las propiedades antimicrobianas que poseen los compuestos del Aloe vera (26). El ANOVA mostró en moras control y tratadas diferencia significativa ($P < 0,05$) a partir del día 3 de almacenamiento para mohos y levaduras (figura 8b). Las moras

recubiertas mostraron un menor crecimiento de mohos y levaduras, con un valor promedio de $2,7 \times 10^4$ UFC al día 10 de almacenamiento, frente a las moras control que para el mismo día presentaron un promedio mucho mayor ($6,7 \times 10^4$ UFC), exhibiendo un incremento mayor del 60%.

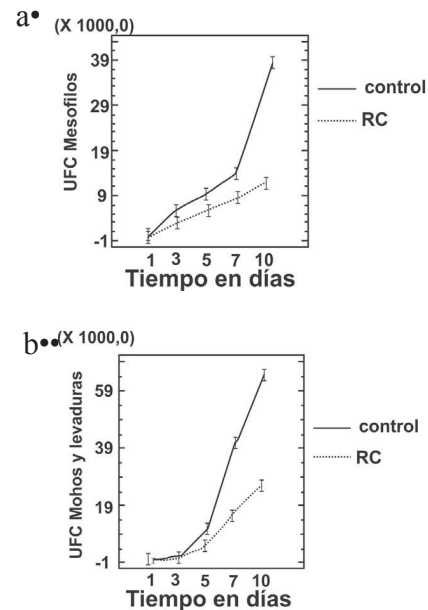


Figura 8. Evolución del recuento de bacterias mesófilas (a) y mohos y levaduras (b) en mora sin recubrir (control) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Análisis sensorial

El sabor (figura 9a) mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tiempos de almacenamiento. En el factor tiempo se presentaron 4 grupos homogéneos, de los cuales los más representativos fueron el día 1, en el cual no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos, y el conformado por los días 3, 5 y 7, para los cuales la mora con RC mantuvo una apreciación similar de sabor por los jueces. En el día 10 se presentaron diferencias en

la percepción del sabor, siendo mejor los percibidos en los frutos tratados. En cuanto a la percepción del color (figura 9b), éste presentó diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento, pero no entre los tratamientos ($p < 0,05$). Para el descriptor olor (figura 9c) las muestras analizadas presentaron una tendencia decreciente en el tiempo donde los frutos control presentaron un promedio en el día 1 de 4,44, en el día 10 de 4,11, los frutos con RC 4,22 en el día 1 y 3,88 en el día 10. Realizando los análisis comparativos entre el control y el tratamiento

con RC, no se encontró diferencias significativas, aunque el control tuvo una menor variación dentro de la percepción. La firmeza de los frutos de mora mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) en el tiempo de almacenamiento y entre los dos tratamientos aplicados a partir del día 5 (figura 9d). Ambos tratamientos tuvieron la misma tendencia decreciente, donde los frutos control presentaron un promedio en el día 1 de 5,55, en el día 10 de 3,77 y los frutos con RC en el día 1 de 5,66 y 4,77 en el día 10.

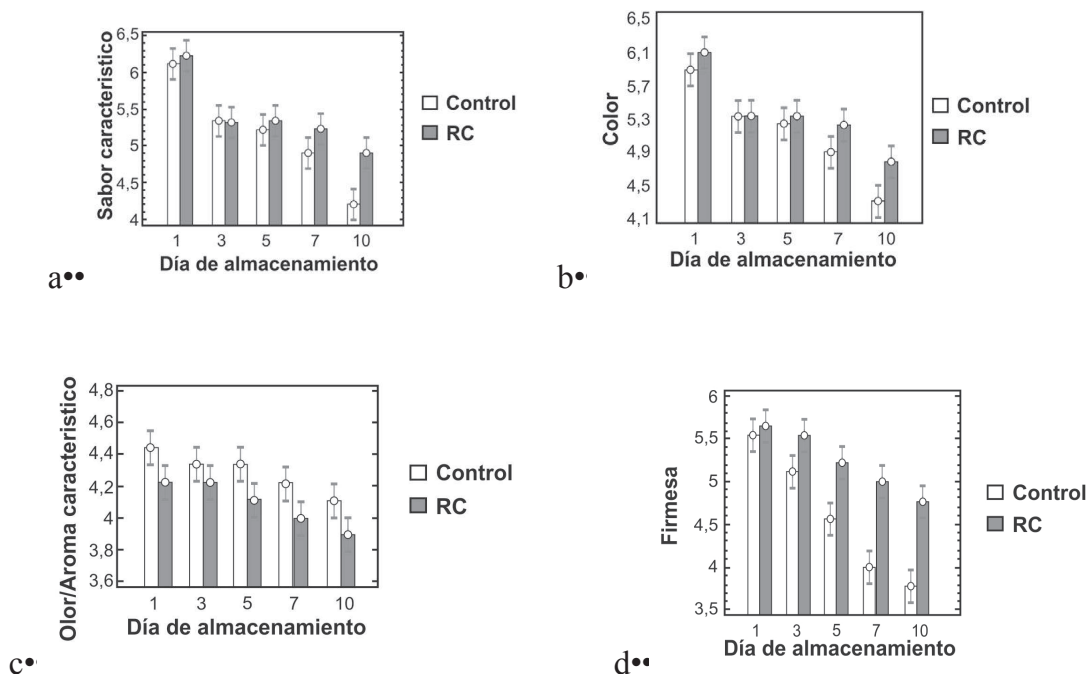


Figura 9. Evolución de los atributos sensoriales de sabor característico (a), color (b), olor (c) y firmeza (d) de la mora sin recubrir (control) y la mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas 10 días a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

DISCUSIÓN

La elaboración del RC a 24.000 RPM presenta un menor tamaño de las gotas de la emulsión con cera carnauba que las reportadas por Restrepo *et al.*, 2010 (17). El tamaño de las gotas de cera es de gran importancia para evaluar la estabilidad física de la emulsión, ya que influye directamente en la velocidad de agregación por fenómenos como la coalescencia, la sedimentación y la floculación (27). La reducción de la pérdida de peso puede deberse a la acción de barrera que ejerce el mucílago de Aloe vera y la cera carnauba sobre el transporte de masa y difusión del vapor de agua (16). Los polisacáridos del Aloe vera son efectivos como barrera (28), y la

cera carnauba contiene esteres de ceras, las cuales contienen a su vez ácidos grasos unidos a alcoholes grasos de cadenas largas entre 18 y 24 carbonos, lo que le da una propiedad hidrófoba al recubrimiento (29). Esto muestra una tendencia similar a los resultados presentados por Restrepo *et al.*, 2010 (17), y Martínez *et al.*, 2006 (15), para un RC de aloe vera evaluado en fresa y cereza, respectivamente. Los resultados coinciden también con otros tipos de RC donde se utilizó cera carnauba como los presentados por Han *et al.*, 2004 (30), Souza *et al.*, 2010 (31) y Hoa *et al.*, 2008 (32).

La pérdida de firmeza se puede ver influenciada por la pérdida de la presión de turgencia, pérdida de aire extracelular y vascular, la degradación de los

polímeros de la pared involucrados en la adhesión celular (protopectinas insolubles), la consecuente pérdida de agua por el rompimiento de las células (14), y a la propia senescencia (25). Igualmente se puede ver afectada por una mayor migración de vapor de agua a nivel de la superficie, favoreciendo el crecimiento de mohos que generan daños estructurales en los tejidos al provocar su ablandamiento (33, 34); estos procesos ocurren con una menor rapidez en los frutos con el RC, ya que el recubrimiento actúa como barrera a la migración de vapor de agua. La tendencia de los resultados obtenidos para la firmeza están de acuerdo con los presentados por del Valle *et al.*, 2005 (14), quienes trabajaron con mucílago de cactus en fresas, así como los de Yaman *et al.*, 2002 (35), quienes trabajaron con un recubrimiento comercial a base de polisacáridos y ácidos grasos en cerezas.

El menor incremento en los SST para los frutos con RC se pudo deber a la hidrólisis de los materiales de la pared celular. Este comportamiento es inverso a la acidez total, coincidiendo con Sora *et al.*, 2006 (36), quienes estudiaron la mora con atmósferas modificadas. A su vez se realizó la correlación de Spearman con los resultados de SST y %PP, ya que en el proceso de transferencia de masa se van concentrados los sólidos presentes en el fruto, conllevando al incremento ascendente como se ve en la figura 7. Los datos evaluados estadísticamente arrojaron un coeficiente de correlación (r_s) igual a 0,9273, por lo tanto existe una correlación positiva fuerte en todas las relaciones realizadas en los días 1, 3, 5, 7 y 10 de almacenamiento. En la figura 10 de dispersión podemos notar la relación directa entre los componentes.

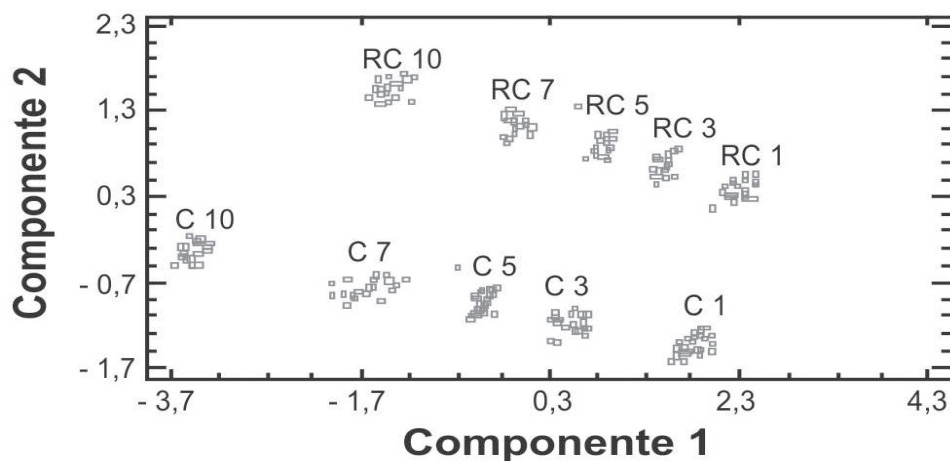


Figura 10. Nube de dispersión de la relación entre SST y %PP en mora sin recubrir (C) y mora recubierta con mucílago de penca sábila (RC), almacenadas durante 10 días a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

El pH se vio afectado por el uso de RC en tanto que está relacionado con la disminución de la senescencia del fruto, evitando que durante la maduración de la mora algunos fragmentos de pectinas se liberen desde la pared celular y se unan a los polifenoles, lo cual incrementa los valores de pH (37). González, 2010 (38), argumenta que un aumento en los valores de pH durante el almacenamiento demuestra el proceso de senescencia del producto.

El RC aplicado a los frutos logró reducir la intensidad respiratoria al actuar como barrera contra el O_2 y el CO_2 producto del intercambio gaseoso que realiza el fruto con el ambiente que lo rodea (34, 13, 11). Joo *et al.*, 2011 (37), evaluó la vida útil

de la mora, encontrando la misma tendencia a incrementar la cantidad de CO_2 . Además, el efecto del glicerol como plastificante probablemente ayuda a disminuir la permeabilidad del O_2 y CO_2 , característica que es deseable para la modificación de la atmósfera interna de la fruta (39), retrasando los procesos de senescencia y preservando la fruta (40).

La menor proporción en el cambio de L^* para la mora con RC puede deberse a que se presenta un retraso de los procesos de oxidación enzimática que generan el pardeamiento (41, 42), y también por la menor pérdida de humedad que se genera durante el almacenamiento (43, 44). La disminución de los valores de a^* (pérdida del color rojizo)

se ve afectada probablemente con el incremento de la tasa de respiración y de los procesos enzimáticos que conducen a reacciones de pardeamiento (14) u oscurecimiento enzimático; la mayor disminución de las 3 coordenadas se presentó en este parámetro, con una reducción de 13 unidades; esta disminución muestra similitud a la presentada por Serradilla *et al.*, 2011 (45) en cerezas. La disminución que se presentó en la coordenada b^* de los frutos control y en los frutos con RC puede ser atribuido a la deshidratación superficial del fruto (18). Más aún, la reducción de las coordenadas a^* y b^* se ve reflejada en la pérdida de la tonalidad amarilla, lo que puede indicar evidencia del pardeamiento enzimático. La diferencia significativa entre el control y el tratamiento para el ΔE a partir del día 3 puede deberse al incremento de la respiración y a los procesos enzimáticos, que como resultado provoca la pérdida de algunas pigmentaciones (44). Los RC tienden a retardar los cambios bioquímicos al actuar como barrera, alterando la permeabilidad a los gases, conllevando a un incremento del contenido de CO_2 y retrasando los cambios del color externo e interno de la fruta (32).

La actividad antimicrobiana del gel de Aloe vera contra bacterias Gram positivas y Gram negativas ha sido demostrada por varios métodos. Las antraquinonas aisladas del gel de Aloe vera muestran actividad antimicrobiana, el emodin igualmente tiene actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli*, mediante la inhibición del transporte de solutos en las membranas (46). Los RCs pueden extender la vida útil debido a que reducen el contenido de oxígeno, lo suficiente para retardar la respiración, permitiendo que ocurra una anaerobiosis e incrementando el dióxido de carbono que puede inhibir efectivamente el crecimiento microbiano (13, 11, 47). Resultados similares obtuvieron Martínez-Romero *et al.*, 2006 (15), quienes trabajaron un RC a base de Aloe vera, aplicado sobre cerezas dulces, obteniendo una disminución en el crecimiento de microorganismos mesófilos de hasta un 58% menos frente a las muestras control. La reducción del crecimiento de mohos y levaduras con el RC posiblemente se puede atribuir a la propiedad antifúngica que presenta el Aloe vera y que ha sido reportada contra patógenos como el *Penicillium digitatum*, *P. expansum*, *B. cinerea* y *Alternaria alternata*, demostrando la supresión de germinación e inhibición del crecimiento micelial de los mohos

(48 - 50). Los resultados obtenidos en términos de reducción de crecimiento microbiano coinciden con los presentados por Martínez-Romero *et al.*, 2006 (15) quien aplicó un RC a base de Aloe vera en polvo sobre cerezas dulces.

El mayor descenso en la percepción del sabor se presentó en el día 10 con el control debido a la presencia de sabores objetables (no característico al fruto) percibidos por los jueces; lo cual no sucedió con el tratamiento, ya que el RC de Aloe vera puede inhibir la actividad de enzimas y reacciones de pardeamiento que conllevan al deterioro del fruto, incluyendo la percepción de su sabor (47). Los cambios de color en la evaluación sensorial posiblemente son debidos a la actividad enzimática y a los cambios sensoriales producto del metabolismo normal (13, 51), observado también por los jueces como la decoloración de la tonalidad roja de los frutos. La percepción de los jueces entrenados está relacionada con el ΔE , realizado con las mediciones instrumentales, donde a medida que decrece la percepción de los jueces el cambio de color (ΔE) aumentó tanto para los frutos control como para los frutos con RC. El olor presentó una menor percepción en la mora con RC en el día 10, la cual puede ser debida a que el RC se comporta como barrera semipermeable que reduce el paso de compuestos aromáticos desprendidos por el fruto (30). La percepción de la firmeza de la mora con RC fue aproximadamente un 50 % mayor con respecto a la presentada por la mora control en el día 10 de almacenamiento. Este comportamiento fue quizás debido a la actividad enzimática propia del fruto después de su recolección (7, 35) y a la misma senescencia del fruto (25). El comportamiento que se presentó entre la percepción del atributo firmeza por parte de los jueces entrenados y la firmeza instrumental tuvieron una tendencia similar al presentar un decrecimiento progresivo desde el día 1 hasta el día 10 de almacenamiento.

Limitaciones

Las limitaciones de estudio se encontraron primero en el proceso de recubrimiento, ya que las drupillas de la mora son de formas irregulares y dejan espacios en los cuales se dificulta la impregnación y homogeneidad del RC, y segundo el no poder ampliar los días de evaluación debido al crecimiento de mohos en la superficie del fruto después del día 10.

CONCLUSIONES

La aplicación del recubrimiento comestible a base del mucílago de penca sábila, cera carnauba y el glicerol como método de conservación mostró mejores resultados, retrasando los cambios en las variables como contenido de sólidos solubles totales, acidez y pH, además disminuyó la permeabilidad de los gases y de vapor de agua, permitiendo que la relación de intensidad respiratoria y la pérdida de peso fueran en una proporción menor a la mora sin recubrir (control), lo que permitió mantener la calidad de la fruta hasta 10 días de almacenamiento en refrigeración.

La pérdida de firmeza disminuyó hasta un 50% por efecto del RC tanto por análisis instrumental como sensorial. El uso del RC, a base de mucílago de Aloe vera, retrasó los cambios de color, el crecimiento de microorganismos mesófilos y mohos y levaduras, en comparación con las moras sin recubrimiento. El análisis sensorial mostró que la aplicación del RC mejoró la percepción de los atributos evaluados por los jueces entrenados en comparación con los frutos control. La percepción del sabor fue favorable en los frutos con RC comparado a los frutos control, al igual que en los parámetros de color, olor y firmeza hasta el decimo día de almacenamiento. El RC a base de Aloe vera es una alternativa de conservación poscosecha para prolongar 3 días más la vida útil de la mora de castilla almacenada con refrigeración, posiblemente debido a los diversos compuestos que contiene el Aloe vera y los cuales tienen diferentes propiedades como han sido mencionadas a lo largo de esta investigación, además de las propiedades barrera que aporta la cera carnauba dentro de la emulsión. Las variables que se mantuvieron en los frutos con RC por encima de los frutos control hasta el día 10 fueron principalmente los análisis microbiológicos, firmeza instrumental, sensorial y el sabor característico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los laboratorios de frutas, de microscopía y de control de calidad de alimentos de la Universidad Nacional de Colombia –Sede Medellín, y al laboratorio de control de calidad de alimentos de la Corporación Interactuar por los apoyos recibidos para la realización de los ensayos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4106. Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones. Bogotá, Colombia: ICONTEC; 2006. 15 p.
2. Ellis M, Converse R, Williams R, Williamson B. Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects. St. Paul. EEUU. APS Press; 1991. 193 p.
3. Reina CA. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad de la mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. [Trabajo de pregrado]. [Neiva, Colombia]: Universidad Surcolombiana; 1998. 133 p.
4. Castillo S, Navarro D, Zapata P. Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biol Tec.* 2010 Sep; 57 (3): 183-188.
5. Tobón D. Elaboración de bocadillo y compota como alternativa de manejo poscosecha de la mora (*Rubus glaucus* Benth). [Tesis de pregrado]. [Medellín, Colombia]: Corporación Universitaria La Sallista; 1995. 89 p.
6. Giovannoni J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 2001 Jun; 52: 725-749.
7. Perkins-Veazie P, Collins J, Clark J. Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. *Postharvest Biol Tec.* 1996 Apr; 31 (2): 258-261.
8. Filgueiras H, Chitarra M, Chitarra A. Armazenamento de ameixas sobre refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. *Rev Bras Frutic.* 1996 Apr; 18 (1): 129-135.
9. Avila R, López A. Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. *Temas selectos de ingeniería de alimentos.* 2008 Aug; 2 (2): 4-13.
10. Oms G, Rojas M, Alandes L, Varela P, Soliva R. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biol Tec.* 2010 Sep; 57 (3): 139-148.
11. Park H. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends Food Sci Tech.* 1999 Aug; 10 (8): 254-260.
12. Amarante C, Banks N, Ganesh S. Characterising ripening behaviour of coated pears in relation to fruit internal atmosphere. *Postharvest Biol Tec.* 2001 Sep; 23 (1): 51-59
13. Petersen K, Nielsen P, Lawther M, Olsen M, Nilsson N, Mortensen G. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci and Techn.* 1999 Feb; 10 (2): 52-68.
14. Del Valle D, Hernández P, Guarda A, Galotto M. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus Indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chem.* 2005 Aug; 91 (4): 751-756.
15. Martínez-Romero D, Alburquerque N, Valverde N, Guillén N, Castillo S. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biol Tec.* 2006 Jan; 39 (1): 93-100.
16. Restrepo J. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de RC de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). [Tesis de Maestría]. [Medellín, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín; 2009. 83 p
17. Restrepo J, Aristizabal I. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba. *Vitae.* 2010 Sep; 17 (3): 252-263
18. Márquez C, Otero C, Cortes M. Cambios Fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y micro estructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S) en poscosecha. [Tesis de maestría]. [Medellín, Colombia] Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2007. 171 p.

19. Perkins-Veazie P, Clark J, Huber D, Baldwin E. Ripening Physiology in 'Navaho' Thornless Blackberries: Color, Respiration, Ethylene Production, Softening, and compositional changes. *J Amer Soc Hort Sci.* 2000 May; 125 (3): 357-363.
20. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4519. Microbiología de Alimentos para consumo humano y animal. Método Horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C. Bogotá, Colombia: ICONTEC; 2009. 19 p.
21. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4132. Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25°C. Bogotá, Colombia. ICONTEC; 1997. 18 p.
22. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 3932. Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional. Bogotá, Colombia: ICONTEC, quinta actualización; 2008. 21 p.
23. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 5328. Análisis sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuestas cuantitativas. Bogotá, Colombia: ICONTEC; 2004. 15 p.
24. Farinango M. Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) y de la mora variedad brazos (*Rubus* sp.) [Tesis de pregrado]. [Quito, Ecuador]. Escuela Politécnica Nacional. 2010. 142 p.
25. Vargas M, Albors A, Chiralt A, Gonzalez C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biol Tec.* 2006 Aug; 41 (2): 164-171.
26. Vega A, Ampuero N, Díaz L, Lemus R. El aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Rev Chil Nutr.* 2005 Dec; 32 (3): 14-28.
27. Fennema O. Química de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia; 1993. 1095 p.
28. Martínez-Romero D, Guillén F, Valverde J. Aloe vera gel como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas. *Horticultura.* 2006 Sep; 195 (1): 42-44.
29. Bourlieu C, Guillard B, Vallès-Pamiès N, Gontard. *Food Materials Science Principles and Practice.* New York: Springer. 2008; Chapter 3, Edible Moisture Barriers for Food Product Stabilization; p. 547-575.
30. Han C, Zhao Y, Leonard S, Traber M. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biol Tec.* 2004 Jul; 33 (1): 67-78.
31. Souza M, Cerqueira M, Souza B, et al. Polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. *Chem Pap.* 2010 Aug; 64 (4): 475-481.
32. Hoa T, Ducamp M. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoa loc' mangoes in storage. *Postharvest Biol Tec.* 2008 Apr; 48 (1): 150-152.
33. Almenar R. Envasado Activo de Fresas Silvestres. [Tesis Doctoral]. [Valencia, España]: Universidad de Valencia; 2005. 225 p.
34. Wszelaki A, Mitcham E. Effect of combinations of hot water dips biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. *Postharvest Biol Technol.* 2003 Mar; 27 (3): 255-264.
35. Yaman O, Bayoindirli L. Effects of an Edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 2002 Mar; 35 (2): 146-150.
36. Sora D, Fischer G, Florez R. Refrigerated storage of mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) fruits in modified atmosphere packaging. *Agron. Colomb.* 2006 Jul-Dec; 24 (2): 306-316.
37. Joo M, Lewandowski N, Auras R, Harte J, Almenar V. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chem.* 2011 Jun 15; 126 (4): 1734-1740.
38. González M. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). [Tesis de pregrado]. [Riobamba, Ecuador]: Escuela Superior Técnica de Chimborazo. 2010. 177 p.
39. Ribeiro C, Vicente A, Teixeira A, Miranda C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biol Tec.* 2007 Apr; 44 (1): 63-70.
40. Xu S, Chen X, Sun D. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *J Food Eng.* 2001 Dec; 50 (4): 211-216.
41. Soliva-Fortuny R, Martín O. New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Tech.* 2003 Sep; 14 (9): 341-353.
42. Lee J, Parka H, Lee C, Choi W. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 2003 May; 36 (3): 323-329.
43. Hernández-Muñoz P, Almenar E, Ocio M, Gavara R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria × ananassa*) Postharvest. *Postharvest Biol Technol.* 2006 Mar; 39 (3): 247-253.
44. Trejo K, Pérez C. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria Vesca* L.) almacenada en refrigeración. V Congreso iberoamericano de tecnología poscosecha y agroexportaciones. Cartagena. España: Grupo Post recolección y Refrigeración UPCT; 2007. p. 978-984.
45. Serradilla M, Lozano M, Bernalte M, Ayuso M, López M, González D. Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of 'Ambrunés sweet cherry cultivar. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 2011 Jan; 44 (1): 199-205.
46. Hamman J. Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Molecules.* 2008 Aug; 13 (8): 1599-1616.
47. Falguera V, Quintero J, Jiménez A, Muñoz J, Ibarz A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci Tech.* 2011 Jun; 22 (6): 292-303.
48. Rodríguez D, Hernández D, Rodríguez R, Angulo J. Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi. *Ind Crop Prod.* 2005 Jan; 21 (1): 81-87.
49. Rosca-Casian O, Parvu M, Vlase L, Tamas M. Antifungal activity of Aloe vera leaves. *Fitoterapia.* 2007 Apr; 78 (3): 219-222.
50. Saks Y, Barkai R. Aloe Vera gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Bio Tech.* 1995 Jun; 6 (1-2): 159-165.
51. Hutchings JB. Food color and appearance. 2nd ed. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers; Editorial Services. 1999. 453-461.