

Efecto de recubrimientos comestibles a base de mucílago de cactus (*Opuntia elatior* Mill.) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo almacenamiento controlado

Effect of edible coatings based on cactus (*Opuntia elatior* Mill.) mucilage on the physicochemical and sensory properties of guava fruits (*Psidium guajava* L.) under controlled storage

Efeito de revestimentos comestíveis à base de mucilagem de cacto (*Opuntia elatior* Mill.) na alteração das propriedades físico-químicas e sensoriais da goiaba (*Psidium guajava* L.) sob armazenamento controlado

Judith Zambrano, Anne Marie Valera, Willian Materano,
Miguel Maffei, Ibis Quintero, Yolexi Ruiz y Doris
Marcano-Belmonte

Laboratorio de Fisiología de Poscosecha del Núcleo Universitario Rafael Rangel, Universidad de Los Andes, Avenida Medina Angarita, Sector Carmona, Trujillo, Venezuela. Correos electronicos: judith.zambrano.v@gmail.com

Resumen

Se evaluó el efecto del mucílago de cactus (*Opuntia elatior* Mill.) sobre la calidad de guayabas (*Psidium guajava* L.). Los frutos se adquirieron en un mercado de mayoristas de la ciudad de Valera, estado Trujillo Venezuela; se seleccionaron con madurez fisiológica y uniformes en tamaño, color, libres de daños mecánicos y/o enfermedades. Un total de 300 frutos, se dividieron en tres grupos, un control y dos formulaciones del mucílago. Para los tratamientos T1 y T2 (10 y 20% m/v, respectivamente) se utilizó mucílago seco extraído de cladodios de cactus. Los frutos se sumergieron en los recubrimientos durante 2min y el control fue inmerso en agua destilada. Se almacenaron a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 16 días. Cuatro replicaciones por tratamiento se analizaron a los 4, 8, 12 y 16 días

Recibido el 12-05-2017 • Aceptado el 07-06-2018

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: judith.zambrano.v@gmail.com.

de almacenamiento, evaluándose pérdida de biomasa, firmeza, pH, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST), materia seca y ácido ascórbico; la evaluación sensorial se realizó al 16avo día. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y prueba de Tukey, la evaluación sensorial se analizó con la prueba no paramétrica de Friedman. Las frutas tratadas mostraron menor pérdida de biomasa y firmeza. Se observaron diferencias ($p < 0,05$) en los parámetros pH, ATT, SST, materia seca y ácido ascórbico en los factores tratamiento y tiempo de almacenamiento. El análisis de Friedman mostró diferencias significativas en los atributos firmeza, color y apariencia general.

Palabras clave: calidad, poscosecha, análisis sensorial, preservación.

Abstract

The effect of an edible coating prepared with cactus (*Opuntia elatior* Mill.) mucilage on the quality of guavas (*Psidium guajava* L.) was evaluated. The fruits were purchased at the Wholesale Market of Valera city. They, were selected in state of physiological maturity, and sorted for uniform in size and, color, and free from any mechanical damages and / or diseases. A total of 300 fruits were divided into three groups, one of them corresponding to the control and the others to be treated with a mucilage formulation. To obtain the mucilage, cladodes of cactus were used to obtain the dried mucilage that was used to formulate the experimental coatings T1 and T2 (10 and 20% w/v). The fruits were immersed in the coating solutions for two min and the control was immersed in distilled water, then stored at 10 ± 1 ° C for 16 days. Four replicates per treatment were analyzed at 4, 8, 12 and 16 days of storage. The parameters weight loss, firmness, pH, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), dry matter and ascorbic acid were determined; sensory evaluation was performed on the 16th day. Data related to physicochemical characteristics were processed by using an analysis of variance and Tukey's test, while sensory traits were analyzed using the non-parametric Friedman test. Coating treated samples showed less loss of weight and firmness. Significant differences ($p < 0.05$) were observed in the pH, ATT, SST, dry matter and ascorbic acid parameters in both, treatment and storage time factors. Friedman's analysis revealed significant differences in firmness, color, and overall appearance attributes.

Key words: quality, post-harvest, sensory analysis, preservation.

Resumo

O efeito da mucilagem do cacto (*Opuntia elatior* Mill.) Sobre a qualidade das goiabas (*Psidium guajava* L.) foi avaliado. As frutas foram adquiridas em um mercado atacadista na cidade de Valera, Trujillo Venezuela; eles foram selecionados com maturidade fisiológica e uniformes em tamanho, cor, livres de danos mecânicos e / ou doenças. Um total de 300 frutos foram divididos em três

grupos, um controle e duas formulações da mucilagem. Para os tratamentos T1 e T2 (10 e 20% m / v, respectivamente) foi utilizada a mucilagem seca extraída dos cladódios de palma. Os frutos foram imersos nos revestimentos por 2 min e o controle foi imerso em água destilada. Eles foram armazenados a 10 ± 1 ° C por 16 dias. Quatro repetições por tratamento foram analisadas aos 4, 8, 12 e 16 dias de armazenamento, avaliando-se perda de biomassa, firmeza, pH, acidez total titulável (TTA), sólidos solúveis totais (SST), matéria seca e ácido ascórbico; A avaliação sensorial foi realizada no 16º dia. Os dados foram processados por análise de variância e teste de Tukey, a avaliação sensorial foi analisada com o teste não paramétrico de Friedman. Os frutos tratados apresentaram menor perda de biomassa e firmeza. Diferenças ($p < 0,05$) foram observadas nos parâmetros pH, ATT, SST, matéria seca e ácido ascórbico nos fatores de tratamento e tempo de armazenamento. A análise de Friedman mostrou diferenças significativas na firmeza dos atributos, cor e aparência geral.

Palavras-chave: qualidade, pós-colheita, análise sensorial, preservação.

Introducción

El cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) ha adquirido gran importancia económica en Venezuela, principalmente en los estados Monagas y Zulia, en este último en especial en la Planicie de Maracaibo donde se ha expandido su explotación. Las guayabas son fuente de nutrientes y compuestos bioactivos como vitamina C (más del doble de contenido de esta vitamina que los cítricos), terpenoides, flavonoides, antioxidantes polifenólicos y fibra dietética, es por esto que se asocia el consumo de guayaba con la prevención de enfermedades hepáticas y carcinomas, además de exhibir propiedades anti-inflamatorias y antioxidantes (Flores *et al.*, 2015). No obstante, el fruto del guayabo tiene un proceso de maduración extremadamente acelerado causando tiempos cortos de vida útil, que van desde 2 a 5 días en almacenamiento a temperatura ambiente (Teixeira *et al.*,

Introduction

In Venezuela, the guava (*Psidium guajava* L.) crop has acquired great economic importance, mainly in Monagas and Zulia states, and in the latter, especially in the Maracaibo Plain where its exploitation has expanded. Guavas are a source of nutrients and bioactive compounds such as vitamin C (more than twice the content than that of citrus fruits), terpenoids, flavonoids, polyphenolic antioxidants and dietary fiber; that is why guava consumption is associated with the prevention of liver diseases and carcinomas, in addition to exhibiting anti-inflammatory and antioxidant properties (Flores *et al.*, 2015). However, the guava fruit has an extremely fast ripening process causing short postharvest lifetimes, ranging from 2 to 5 days in storage at room temperature (Teixeira *et al.*, 2016). These are climacteric fruits and exhibit a high respiration rate and rapid maturation, which leads

2016). Éstos son frutos climatéricos y exhiben una elevada velocidad de respiración y una rápida maduración, lo cual conlleva a un rápido deterioro durante el almacenamiento (Hong *et al.*, 2012). La alta perecibilidad de estos frutos tiene como consecuencia que cada año ocurran grandes pérdidas en anaquel debido al marchitamiento, la pérdida de textura y la mala apariencia, entre otros. En tal sentido, es importante desarrollar métodos de preservación de estos frutos, uno de ellos es el uso de recubrimientos comestibles (RC) que se formulan con el uso de revestimientos, tales como carbohidratos, proteínas, lípidos y/o combinación de todos estos tipos de materiales, pudiendo representar una alternativa viable. El RC cubre el fruto y actúa como una barrera para el intercambio de humedad y oxígeno, adquiriéndose un efecto de atmósfera modificada en las frutas frescas recubiertas (Baldwin *et al.*, 2011).

Se ha probado diferentes formulaciones de recubrimientos comestibles en distintas variedades de guayaba como producto fresco con el fin de evaluar el efecto de este tratamiento en su vida postcosecha útil, encontrando en general resultados positivos (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012; Sothornvit, 2013; González *et al.*, 2016). Sin embargo, hasta el momento hay muy poca información disponible sobre estudios con el mucílago del cactus (*Opuntia elatior* L.) como RC a baja temperatura. El objetivo de la presente investigación fue estudiar la utilización del mucílago del cactus como RC para extender la vida útil de frutos de guayaba en fresco,

to rapid deterioration during storage (Hong *et al.*, 2012). Due to their high perishability, significant changes occur during ripening, including wilting, loss of texture and deterioration of the general appearance, among others, which results in large shelf losses every year. Therefore (o In this regard), there is a pressing need for developing post harvest technologies for preserving guavas; one of them is the use of edible coatings (EC) that can be formulated from substances such as carbohydrates, proteins, lipids and / or combination of all these types of materials, being able to represent a viable alternative. The EC covers the fruit and acts as a barrier for the exchange of moisture and oxygen, provoking a modified atmosphere effect in the fresh coated fruits (Baldwin *et al.*, 2011).

Different formulations of edible coatings have been tested in different varieties of guava as a fresh product, in order to evaluate the effect of this treatment on its postharvest shelf life, finding, in general, positive results (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012; Sothornvit, 2013; González *et al.*, 2016). However, until now there is very little information available on studies with the cactus mucilage (*Opuntia elatior* L.) as EC at low temperature. The objective of this research was to study the use of cactus mucilage as EC to extend the shelf life of fresh guava fruits, adding carboxymethylcellulose as a thickener, glycerol as a plasticizer, sodium benzoate as an antimicrobial agent and citric acid as an antioxidant.

Materials and methods

Vegetable material

The “Criolla Roja” type guava fruits were purchased from the Wholesale

adicionado de carboximetilcelulosa como espesante, glicerol como plastificante, benzoato de sodio como agente antimicrobiano y ácido cítrico como antioxidante.

Materiales y métodos

Material vegetal

Los frutos de guayabo tipo “Criolla Roja” se adquirieron en el Mercado de Mayoristas de Valera, estado Trujillo, Venezuela. Los frutos se seleccionaron en estado de madurez fisiológica, con uniformidad en tamaño y color (frutos de color verde con leves tonos amarillos), libre de daños mecánicos y/o enfermedades aparentes. La investigación se desarrolló en el laboratorio de Poscosecha del Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes, ubicado en el municipio Trujillo del estado Trujillo, Venezuela.

Se utilizaron un total de 300 frutos, los cuales se dividieron en tres grupos, uno correspondiente al control sin recubrimiento y los otros dos para ser tratados con la formulación del mucílago. Los frutos se trataron con solución de hipoclorito de sodio (200 mg·L⁻¹) por un lapso de dos (2) minutos, se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron en refrigeración por 12 h. Los cladodios del cactus se obtuvieron de una plantación ubicada en el Huerto de la Unidad Curricular de Ecología y Educación Ambiental del campus del Núcleo Universitario Rafael Rangel, que se ubica en el municipio Pampanito del estado Trujillo.

Preparación de las soluciones del recubrimiento

Para obtener el mucílago se utilizaron cladodios de cactus lo más

Market of Valera city, Trujillo state, Venezuela. The fruits were selected in state of physiological maturity, uniform in size and color (fruits of green color with slight yellow tones), free of mechanical damage and / or apparent diseases. The research was carried out in the Postharvest Laboratory of the Rafael Rangel Campus of the University of Los Andes, located in the Trujillo municipality of Trujillo state, Venezuela. A total of 300 fruits were used, which were divided into three groups, one corresponding to the uncoated control and the other two to be treated with the mucilage formulations. The fruits were treated with a sodium hypochlorite solution (200 mg·L⁻¹) for a period of two (2) min, dried at room temperature and stored under refrigeration for 12 h. The cladodes of the cactus were obtained from a plantation located in the Garden of the Curricular Unit of Ecology and Environmental Education of the Rafael Rangel Campus, located in Pampanito, municipality of Trujillo state.

Coating solution preparation

To obtain the mucilage, cactus cladodes were used as uniformly as possible, harvested in the morning, washed with potable water, and the leaves were brushed to eliminate the thorns and facilitate handling. Cactus stems were manually peeled with a stainless steel knife; the cuticle was separated, trying to eliminate the least amount of pulp; then, they were cut into cubes (1cm³) and grinded in a stainless steel blender, mixing with distilled water (1:2 % w/v) to facilitate grinding. The slurry was

uniforme posible, se cosecharon por la mañana, se lavaron con agua potable y las pencas se cepillaron para eliminar las espinas y facilitar el manejo. Se pelaron manualmente con cuchillo de acero inoxidable, se separó la cutícula, tratando de eliminar la menor cantidad de pulpa. Luego se cortaron en cubos (1 cm₃) y se procedió a la molienda en licuadora de acero inoxidable mezclando con agua destilada en proporción 1:2 m/v para facilitar la molienda. Posteriormente, el producto molido se sometió a escaldado a 80°C durante 30 min. A continuación se filtró en lienzo. El filtrado se centrifugó durante 20 min a 4.500 rpm. La precipitación del mucílago de la fase acuosa de la extracción se llevó cabo mediante la incorporación de acetona en una relación 1:3 (v/v). El precipitado del mucílago se separó por filtración. Se eliminó el solvente orgánico por aplicación de vacío. El mucílago seco se utilizó para formular los recubrimientos experimentales T1 y T2 (10 y 20% m/v). Se utilizó carboximetilcelulosa al 0,5% (m/v) como espesante, glicerol al 5% (v/v) como plastificante, ácido cítrico al 0,75% (m/v) como preservativo y tween 80 al 0,5% (v/v) como surfactante.

Aplicación del recubrimiento

Los frutos se sumergieron en las soluciones del recubrimiento durante dos min, con agitación suave para asegurar homogeneidad en la distribución. El testigo se sumergió en agua destilada durante el mismo tiempo. Tras la aplicación se secaron durante 30 min, al aire libre en el ambiente del laboratorio (22°C), y a continuación se empacaron en cajas

subjected to blanching at 80 °C for 30 min, after which it was filtered through cheesecloth. The filtrate was centrifuged during 20 min at 4,500 rpm, and the supernatant obtained was treated with acetone (1:3 % v/v), to cause the precipitation of the mucilage, which was separated through filtration. The organic solvent was vacuum-removed. The dry mucilage obtained was used to formulate the experimental edible coatings T1 y T2 (10 y 20 % w/v), mixed with carboxymethylcellulose (0.5% w/v) as thickener, glycerol (5% v/v) as plasticizer, citric acid (80.75 % w/v) as preservative, and Tween 80 (5 % v/v) as surfactant.

Application of the coating

Guava were dipped in the coating solutions for 2 min, with gentle stirring to ensure uniform coverage. The control was immersed in distilled water during the same time. The excess coating was drained and the coated guavas were dried at room temperature (22 °C) during 30 min. The treated fruits were packed in perforated cardboard boxes of 36 x 28 x 11 cm (12 boxes / treatment for a total of 36 boxes) and stored at 10 ± 1 °C for 16 days. Four replications per treatment were analyzed at 4, 8, 12 and 16 days of storage, evaluating the physicochemical parameters described below. The sensory evaluation was performed on the 16 th day.

Physical analyses

Weight loss: Four perforated cardboard boxes containing approximately 1,500 g of fruit were subjected to each treatment, weighed on day 0 and during the evaluation period (at four days intervals) until the end

de cartón perforadas de 36 x 28 x 11 cm (12 cajas / tratamiento para un total de 36 cajas) y se almacenaron a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 16 días. Cuatro repeticiones por tratamiento se analizaron a los 4, 8, 12 y 16 días de almacenamiento, evaluándose los parámetros fisicoquímicos descritos más adelante. La evaluación sensorial se realizó al 16^{avo} día.

Análisis físicos

Pérdida de peso: cuatro cajas perforadas de aproximadamente 1.500 g de frutos se sometieron a cada tratamiento, se pesaron el día 0 y durante los días de evaluación en una balanza de precisión Ohaus® modelo Adventurer. Los resultados se expresaron como el porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial.

Firmeza: se determinó utilizando un penetrómetro manual marca Effegi(R) modelo FT327, introduciendo un cilindro metálico de diámetro 1/4", sobre una de las caras en la zona media del fruto hasta la penetración del puntal. Se realizaron mediciones en dos puntos equidistantes de la parte ecuatorial del fruto; se expresó el resultado en $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Análisis químicos

Para los análisis destructivos, se seleccionaron cuatro frutos de cada tratamiento y posteriormente se homogeneizaron en un mini procesador de alimentos (Black and Decker®), a continuación la pulpa se pasó por un tamiz estándar número 10, para eliminar las semillas de la pulpa.

pH y acidez titulable: un gramo de la pulpa resultante se diluyó con

of the experiment, on an Ohaus® precision balance model Adventurer. The results were expressed as the percentage of weight loss respect to the initial weight.

Firmeness. Fruits firmness test was performed by using a hand-held Effegi™ penetrometer model FT327, introducing a 6.54mm diameter metallic cylinder on one of the faces in the middle zone of the fruit until the penetration of the strut. Measurements were made in two equidistant points of the equatorial part of the fruit; the result was expressed in $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Chemical analysis

Four guava fruits from each treatment were selected and subsequently homogenized in a (Black and Decker®) mini food processor; then, the pulp was passed through a standard sieve # 10, to separate the seeds from pulp.

pH and titratable acidity. One gram of pulp was diluted in 50 mL of distilled water; the pH was measured by using an Orion® pH-meter (mod. 701). The titratable acidity was determined by simple direct titration with 0.1 N NaOH solution, to pH 8.2. The result was expressed as a percentage of citric acid (AOAC International, 2005, method 942.15).

Total soluble solids (SST). A known amount of guava fruit, homogenized and centrifuged at 8,000 rpm during 20 min, was used to determine total soluble solids (TSS), by means of a digital refractometer (AbbeMark II®) at 20°C . The results were expressed as °Brix (AOAC International, 2005, method 976.20).

Dry biomass (DB). A sample of 5-10 g of fresh pulp was placed into a

50 mL de agua destilada, se midió el pH usando un pH-meter (Orion® mod. 701). La acidez titulable se determinó mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH de 8,2 y se expresó el resultado en porcentaje de ácido cítrico (AOAC International, 2005, método 942.15).

Sólidos solubles totales (SST):

Los SST se determinaron empleando un refractómetro digital (Abbe Mark II) a 20°C. Para ello, una cantidad de pulpa de guayaba se homogeneizó y el sobrenadante se sometió a centrifugación a 8.000 rpm durante 20 min. Los resultados se expresaron como °Brix (AOAC International, 2005, método 976.20).

Biomasa seca (BS): se usó una muestra de entre cinco (5) y 10g aproximadamente de biomasa fresca de la pulpa, la cual se llevó a la estufa a 90°C hasta obtener peso constante, finalmente, la muestra se pesó en una balanza digital. Los resultados se expresaron en porcentaje de biomasa fresca.

Ácido ascórbico: se determinó siguiendo el método de la AOAC International (2005), método 967.22 con algunas modificaciones. Se pesaron cinco (5) g de muestra y se homogenizaron con 20 mL de solución extractora (ácido tricloroacético al 2%, ácido oxálico al 1% y sulfato sódico anhidro al 1%), se trituró, maceró durante tres (3) min y se filtró a través de papel Whatman No 4 empleando vacío (Manglano *et al.*, 2003). Posteriormente, cinco (5) mL del filtrado se colocaron en un matraz erlenmeyer de 125 mL y se titularon con solución de 2,6-diclorofenol-indofenol

preheated oven and then dried at 90°C until constant weight was reached. Weighing was carried out in a digital balance.. The results were expressed as a percentage of fresh biomass.

Ascorbic acid. The content of vitamin C was determined according to the procedure established by the AOAC International, method 967.22, with some modification. A total of five (5) g of fresh sample was ground using mortar and pestle and admixed with 20 mL of extracting solution (2 % trichloroacetic acid, 1% oxalic acid, and 1% anhydrous sodium sulphate) during 3 min; the mixture was vacuum strained through a filter paper Whatman No 4 (Manglano *et al.*, 2003). Subsequently, five (5) mL of the filtrate was placed in a 125 mL Erlenmeyer flask and titrated with 2,6-dichlorophenol-indophenol solution until a light rose pink color persisted for at least 10 s.

The result was expressed as a function of fresh weight (mg·100g⁻¹fw), by means of a calibration curve by placing the volume of indophenol consumed in the Y axis vs. the concentration of ascorbic acid on the X axis.

Sensory evaluation. The test for evaluating the sensory quality of the coated fruits was performed at the 16th day of storage; an untrained panel composed by 25 people was used for that purpose. Six (6) fruits of each treatment were randomly selected and placed in disposable containers identified with four-digit codes, to evaluate the descriptors firmness, color, brightness, smell and general appearance by means of a 9-points

hasta la aparición de color rosado que persistió durante al menos 10 seg. El resultado se expresó en función del peso fresco ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{pf}$), mediante una curva de calibración colocando el volumen de indophenol consumido en el eje Y vs. la concentración del ácido ascórbico en el eje X.

Evaluación sensorial: La evaluación sensorial se realizó a los 16 días de almacenamiento, con la ayuda de un panel no entrenado integrado por 21 personas. Se seleccionaron al azar seis (6) frutos de cada tratamiento y se colocaron en recipientes desechables identificados con códigos de cuatro dígitos, para evaluar los descriptores firmeza, color, brillo, olor y apariencia general por medio de una escala hedónica del uno al nueve que representó lo siguiente: me gusta muchísimo (9), me gusta mucho (8), me gusta moderadamente (7), me gusta muy poco (6), me es indiferente (5), me disgusta un poco (4), me disgusta moderadamente (3), me disgusta mucho (2), me disgusta muchísimo (1). Se redactaron los formularios para las pruebas con instrucciones precisas que no indujeran al error (Lawless y Heymann, 2010).

Análisis estadístico; se utilizó un diseño experimental completamente al azar, bajo un arreglo factorial 3×5 , donde 3 corresponde a los tratamientos (recubrimientos experimentales 10 y 20% m/v) y 5 al tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12 y 16 días), se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento por período de evaluación. Los resultados se sometieron a análisis de varianza multifactorial utilizando el paquete estadístico

hedonic scale. It represented the following: Like Extremely (9), Like Very Much (8), Like Moderately (7), Like Slightly (6), Neither nor Dislike (5), Dislike Slightly (4), Dislike Moderately (3), Dislike Very Much (2), Dislike Extremely (1). The questionnaire used to carry out the tests was written with very clear and precise instructions in order to avoid errors (Lawless y Heymann, 2010).

Statistical analysis. A completely randomized experimental design was used, in a 3×5 factorial arrangement, involving 3 treatments (the control and 2 experimental coatings: 10 and 20% m / v) and 5 levels of the storage time (0, 4, 8, 12 and 16 days) with four repetitions, were used per treatment per evaluation period. Experimental data was subjected to a multifactorial analysis of variance by using the Statistical Analysis System (SAS®) version 9.0 (SAS, 2002). Prior to the data set, the assumptions of normality and variance homogeneity were applied in order to perform the analyzes. The Tukey test was utilized for mean separation when main effects were found to be significant ($P \leq 0.05$). For the sensory evaluation, the Friedman's nonparametric test was used to establish the comparison of the assigned values and to test for differences between groups of participants.

Results and discussion

Figure 1-A shows the trend in biomass loss during the storage of fruits. The highest losses of biomass were observed in the uncoated fruits

SAS® versión 9,0 (SAS, 2002). Previamente al conjunto de datos se les aplicó los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para poder realizar los análisis. Las medias se compararon por medio de la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Para la evaluación sensorial se procedió a establecer la comparación de los valores asignados mediante la prueba no paramétrica de Friedman.

Resultados y discusión

La figura 1-A muestra la tendencia en la pérdida de biomasa durante el almacenamiento de los frutos, siendo mayor la pérdida en el control, con un 2,15 y 3,0% a los 12 y 16 días de almacenamiento, con respecto a los frutos recubiertos con mucílago al 10 y 20% m/v, respectivamente; no obstante, entre los recubrimientos no se encontró diferencias estadísticamente significativas al aplicar la prueba de comparación. En este estudio, los recubrimientos comestibles suministraron una barrera protectora que limitó la transferencia de agua, es decir la transpiración y, de este modo, retardó la deshidratación de los frutos durante el almacenamiento, reduciendo la pérdida de biomasa; lo anterior concuerda con lo reportado por otros investigadores, quienes encontraron que la aplicación de quitosano en frutos de guayaba cultivar Pearl, RC a base de proteína de suero lácteo en cultivar pera y RC basado en hydroxypropyl methyl cellulose y aceite de palma en frutos de Guayaba var Lalit, inhibió la pérdida de biomasa, (Hong *et al.*, 2012;

(T0) at 12 and 16 days of storage (2.15 and 3.0%, respectively), when compared to fruits coated with the mucilage formulations considered (T1 and T2). However, among the coatings, no differences were found. In this study, the edible coatings provided a protective barrier that limited water transfer that is transpiration and, thus, delayed the dehydration of the fruits during storage, reducing the loss of biomass. This is consistent with other research reports where it has been demonstrated that the application of edible coatings prepared with different materials, such as chitosan, mixtures of whey concentrate or glycerol and hydroxypropyl methyl cellulose on guava fruits of different varieties, inhibited the loss of biomass (Hong *et al.*, 2012; González *et al.*, 2016; Vishwasrao and Ananthanarayan, 2016).

In the same way, a gradual decrease in firmness was observed during storage (Figure 1 B). The fruits coated with the formulations represented by T1 and T2 (10 and 20% m/v), showed to be firmer compared to the control. On the 8th and 12th day of storage, significant differences were observed ($P \leq 0.05$) between the fruits coated with T1 and T2, although T2 was more effective in preventing the loss of firmness. The reduction in loss of firmness could be attributed to the coverage of the cuticle and the lenticels, that lead to slowing down cell respiration and other processes of maturation. This reduction of the loss of firmness was very significant in the guava fruits to avoid the rapid softening of the epidermis and the

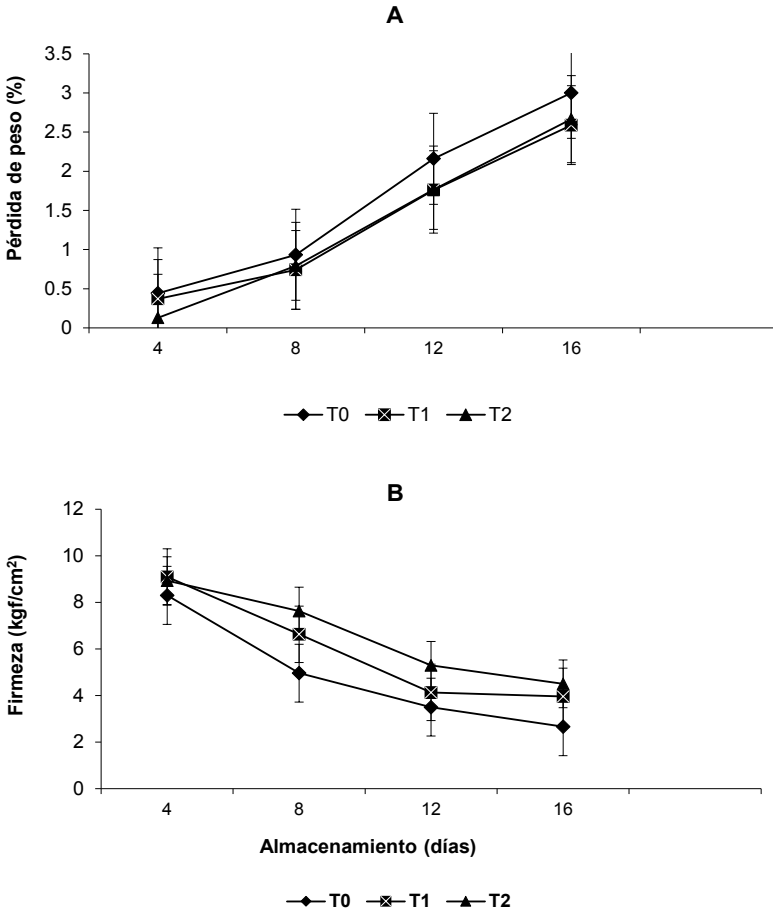


Figura 1. Evolución de la pérdida de biomasa (A) y firmeza (B) en frutos de guayaba no recubiertos (T0) y recubiertos con mucílago de cactus a dos concentraciones (T1 y T2, 10 y 20% m/v, respectivamente) y almacenados durante 16 días a 10±1°C. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Figure 1. Evolution of the loss biomass (A) and firmness (B) in uncoated (T0) and coated guava fruits with cactus mucilage at two concentrations (T1 and T2, 10 and 20% m/v, respectively) stored during 16 days at 10±1°C. The vertical bars represent the standard error of the mean.

González *et al.*, 2016; Vishwasrao y Ananthanarayan, 2016).

De la misma manera, se observó durante el almacenamiento una disminución gradual de la firmeza (Figura 1 B). Los recubrimientos con mucílago T1 y T2 (10 y 20% m/v) mostraron frutos más firmes comparados con el control. Al 8avo y 12avo día de almacenamiento se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), entre los frutos recubiertos con T1 y T2, aunque T2 fue más efectivo para prevenir la pérdida de la firmeza. La reducción en pérdida de la firmeza podría atribuirse a la cobertura de la cutícula y las lenticelas que conllevan a ralentizar la respiración y otros procesos de la maduración. Esta reducción de la pérdida de firmeza fue muy significativa en los frutos de guayaba para evitar el rápido ablandamiento de la epidermis y la pulpa, factores que aminoran la vida poscosecha de estos frutos. En este sentido, Hong *et al.* (2012), obtuvieron resultados similares en frutos de guayaba cultivar Pearl recubiertos con quitosano al 0,5; 1,0 y 2,0% m/v, almacenados a 11°C, mientras que Wijewardane (2013) reportó efecto beneficioso apreciable en la retención de firmeza en frutos de guayaba var Bangkok Giant tratados con ceras formuladas con aceite de palma, glicerol y tween 80, almacenados a temperatura ambiente hasta 9 días, bajo condiciones ambientales (29-32 ° C y 65% - 70% RH).

En el cuadro 1 se presentan los resultados correspondientes al pH, la acidez titulable y los sólidos solubles totales de los frutos de guayaba

pulp, factors that slow down the postharvest life of these fruits. In this sense, Hong *et al.* (2012), obtained similar results in fruits of guava cultivar Pearl coated with chitosan at 0.5, 1.0 and 2.0% m/v, stored at 11 ° C, while Wijewardane (2013) reported an appreciable beneficial effect on the retention of firmness in guava fruits var Bangkok Giant treated with waxes formulated with palm oil, glycerol and tween 80, stored at room temperature up to 9 days, under ambient conditions (29-32 ° C and 65% - 70% RH) .

Table 1 shows the results corresponding to the pH, the titratable acidity and the total soluble solids of the guava fruits treated with or without coating during 16 days of storage. Significant differences were observed ($P \leq 0.05$) regarding the treatment factor and storage time in the pH, Significant differences were observed ($P \leq 0.05$) regarding the treatment factor and storage time in the pH; the fruits of the control treatment (T0) showed pH values similar to those treated with 10% mucilage (T1), while the lowest pH value was observed in the fruits treated with 20% mucilage. This behavior can be attributed to the slowing of the metabolic activity due to the barrier effect that is generated on the fruit due to the higher concentration of the coating. The observed trend in pH values resembles that reported by González *et al.* (2016) in "pear" guava fruits, coated with concentrated whey protein and glycerol, stored for 15 d at 30 ° C.

In relation to titratable acidity, the statistical analysis showed

Cuadro 1. PH, acidez titulable y contenido de sólidos soluble totales (°Brix) de guayabas sin recubrir (T0) y recubiertas con mucílago de cactus (T1 y T2, 10 y 20% m/v, respectivamente), almacenados durante 16 días, a 10±1°C.

Table 1. pH, titratable acidity and content of total soluble solids (°Brix) of uncoated (T0) and coated guava with cactus mucilage (T1 and T2, 10 and 20% m/v, respectively), stored for 16 days at 10 ± 1°C.

Fuente de Variación	GL	pH	Acidez titulable %	SST (°Brix)
Cuadrado medio				
Tratamientos (T)	2	0,019 *	0,006 *	3,293 *
Evaluación (E)	3	0,011 *	0,019 *	5,333 *
T*E	6	0,005 *	0,001 ns	0,210 ns
Tratamientos			Medias	
T0		4,37 a	0,504 a	8,27 a
T1		4,36 a	0,485 ab	7,91 b
T2		4,30 b	0,458 b	7,24 c
Evaluación (días)				
4		4,31 c	0,540 a	6,95 d
8		4,34 b	0,494 ab	7,52 c
12		4,34 b	0,462 ab	7,97 b
16		4,39 a	0,434 b	8,77 a

ns, * No significativo o significativo a $P \leq 0,05$ respectivamente. Separación de las medias en las columnas mediante prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

tratados con o sin recubrimiento durante 16 días de almacenamiento. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) respecto al factor tratamiento y tiempo de almacenamiento en el pH, mostrando valores similares los frutos control y los tratados con mucílago al 10% y menor valor de pH los frutos tratados con mucílago al 20%. Este comportamiento se

significant differences ($P \leq 0,05$) only for the factors treatment and storage time, while the interaction was not significant. The acidity showed lower value in fruits coated with mucilage of higher concentration (T2: 0.46%) compared to 0.50 and 0.48% for T1 and T0, respectively. The decrease in acidity from 0.54 to 0.43% during storage may be due to the use

puede atribuir a la ralentización de la actividad metabólica debida al efecto de barrera que se genera sobre el fruto por la mayor concentración del recubrimiento. La tendencia en los resultados del pH se asemeja a lo reportado por González *et al.* (2016) en frutos de guayaba cultivar pera, recubiertas con concentrado de proteína de suero lácteo y glicerol, almacenados durante 15 d a 30 °C.

En la acidez titulable el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) sólo en los factores tratamientos y tiempo de evaluación, mientras que la interacción resultó no significativa. La acidez mostró menor valor en los frutos recubiertos con mucílago de mayor concentración (T2) 0,46% comparado con 0,50 y 0,48% para T1 y T0, respectivamente. La disminución de la acidez durante el almacenamiento de 0,54 a 0,43% puede ser producto del uso de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio durante el proceso de la maduración. Resultados similares en cuanto a la disminución gradual de la acidez fue reportada por Wijewardane (2015) quien utilizó como recubrimiento aceite de palma (3%) y goma guar (2%) en guayabas var Bangkok Giant, almacenadas durante 9 días a temperatura ambiente. Por otra parte, Krishna y Rao (2014) encontraron que la acidez decreció paulatinamente en los frutos de guayaba cv. Allahabad Safeda tratados con quitosano al 1 y 2%, almacenados a temperatura ambiente durante 7 días.

El contenido de sólidos solubles totales en los frutos de guayaba mostró

of organic acids as a respiratory substrate during the ripening process. Similar results regarding the gradual decrease in acidity were reported by Wijewardane (2013) who used palm oil (3%) and guar gum (2%) as coating on guava fruits (var Bangkok Giant), stored for 9 days at room temperature. On the other hand, Krishna and Rao (2014) found that the acidity decreased gradually in the fruits of guava cv. Allahabad Safeda treated with 1 and 2% chitosan, stored at room temperature for 7 days.

The content of total soluble solids in the guava fruits showed significant differences in both factors involved in the analysis ($P \leq 0.05$), however, the interaction was not significant. The treatments T1 and T2 showed values of 7.91 and 7.24 ° Brix respectively, while T0 corresponding to the control exhibited a higher value of SST (8.27 ° Brix). These results could be attributed to the fact that, in the fruits of treatments T1 and T2, a lower respiration rate associated with the reduction of metabolism occurred. A progressive and significantly different ($P \leq 0.05$) increase in the total soluble solids during the storage of the fruits from 6.95 to 8.77 ° Brix, was observed, mainly due to the conversion of organic acids into soluble sugars. Similar results reported by Hong *et al.* (2012). However, Krishna and Rao (2014) found a significant increase in the content of total soluble solids in guava coated with 1 and 2% chitosan until the 3rd day of storage, although by the 7th day their content declined.

Table 2 shows the evolution of the dry biomass and ascorbic acid content

diferencias significativas en ambos factores involucrados en el análisis ($P \leq 0,05$), no obstante, la interacción no fue significativa. Los tratamientos T1 y T2 mostraron valores de 7,91 y 7,24 °Brix respectivamente, mientras que T0 correspondiente al control exhibió mayor valor de SST (8,27 °Brix). Estos resultados pudieran atribuirse al hecho que, en los frutos de los tratamientos T1 y T2 hubo menor tasa de respiración asociada a la reducción del metabolismo. Se observó aumento progresivo de los sólidos solubles totales significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) durante el almacenamiento de los frutos, de 6,95 a 8,77 °Brix, debido principalmente a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares solubles. Resultados similares reportaron Hong *et al.* (2012). Sin embargo, Krishna y Rao (2014) encontraron aumento significativo en el contenido de sólidos solubles totales en guayaba recubierta con quitosano al 1 y 2% hasta el 3er día de almacenamiento, aunque para el 7mo día su contenido declinó.

En el cuadro 2 se muestra la evolución del contenido de biomasa seca y ácido ascórbico de frutos guayaba recubiertos (T1 y T2) y no recubiertos (T0). El recubrimiento y el tiempo de evaluación afectaron significativamente ($P \leq 0,05$) el contenido de materia seca, correspondiendo los mayores valores a los tratamientos T1 y T2 (13,89 y 13,76%, respectivamente), mientras que el tratamiento control (T0) mostró 13,05%; además, la interacción del recubrimiento x tiempo de almacenamiento en frío no tuvo efecto significativo sobre este parámetro.

of coated guava (T1 and T2) and uncoated (T0). The coating and the evaluation time significantly affected ($P \leq 0.05$) the dry matter content, with the highest values corresponding to the T1 and T2 treatments (13.89 and 13.76%, respectively), while the control treatment (T0) showed 13.05%; In addition, the interaction coating x cold storage time had no significant effect on this parameter.

Likewise, the dry biomass content increased throughout the storage period, observing values of 12.720% at 4 days and 14.517% at 16 days. Zambrano *et al.* (2016) when evaluating an edible coating based on cactus mucilage in pineapple fruits (*Ananas comosus*) minimally processed and stored for 7 days at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ reported that the percentage of dry matter remained stable during the course of storage being their values statistically similar. On the other hand, Naserzaeim *et al.* (2015) in a study with different packaging materials and the duration of cold storage, reported that the content of dry matter in plum (*Prunus domestica*) was significantly affected ($P \leq 0.01$), varying the dry biomass content from 12.80 on day 0 to 16.17% after 32 days of storage.

The content of ascorbic acid is shown in table 2; the statistical analysis revealed significant differences ($P \leq 0.05$) both in the coating factor and the evaluation time, as well as in the T * E interaction. The content of ascorbic acid in the guava pulp of the control fruits was lower (108.225 mg · 100g⁻¹ of fresh weight) compared to those of the coated fruits, where values of 127.780

Cuadro 2. Porcentaje de biomasa seca y ácido ascórbico de guayabas sin recubrir (T0) y recubiertas con mucílago de cactus (T1 y T2, 10 y 20% p/v, respectivamente), almacenados durante 16 días, a 10±1°C.

Table 2. Percentege of dry biomass and ascorbic acid of uncoated (T0) and coated guavas with cactus mucilage (T1 and T2, 10 and 20%*m/v*, respectively), stored for 16 days, at 10 ± 1°C.

Fuente de Variación	GL	Biomasa seca (%)	Ácido Ascórbico (mg.100g ⁻¹ pf)
Cuadrado medio			
Tratamientos (T)	2	2,479 *	2293,2*
Evaluación (E)	3	5,313 *	5563,26*
TxE	6	0,136 ns	231,505*
Tratamientos		Medias	
T0		13,048 b	108,225 b
T1		13,893 a	127,780 a
T2		13,760 a	134,929 a
Evaluación (días)			
4		12,720 c	146,758 a
8		13,245 bc	137,654 a
12		13,786 b	119,830 b
16		14,517 a	90,337 b

ns, * No significativo o significativo a $P \leq 0,05$ respectivamente. Separación de las medias en las columnas mediante prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). pf: peso fresco.

Asimismo, el contenido de biomasa seca se incrementó con la duración del almacenamiento, observándose valores de 12,720% a los 4 días y 14,517 % a los 16 días. Zambrano *et al.* (2016) al evaluar un recubrimiento comestible a base de mucílago de cactus en frutos de piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada y almacenada durante 7 días a 6±1°C reportaron que, el porcentaje de materia seca se mantuvo estable durante el

and 134.929mg·100g⁻¹ of fresh weight were observed for treatments T1 and T2, respectively, among which no differences were found. These results suggest that the modified atmosphere created by the coating probably inhibited the loss of ascorbic acid.

At the same time, a drastic reduction in the content of ascorbic acid was observed during storage, with an average of 146.758 mg100g⁻¹ after 4 days of storage, up to 90.337mg·100g⁻¹

transcurso del almacenamiento siendo estadísticamente similares sus valores. Por otro lado, Naserzaeim *et al.* (2015) en un estudio con diferentes materiales de embalaje y la duración de almacenamiento en frío reportaron que el contenido de materia seca en ciruela (*Prunus domestica*) se afectó significativamente ($P \leq 0,01$), variando el contenido de biomasa seca desde 12,80 en el día 0 a 16,17% a los 32 días de almacenamiento.

El contenido de ácido ascórbico se muestra en el cuadro 2; el análisis estadístico reveló diferencias significativas ($P \leq 0,05$) tanto en el factor recubrimiento como el tiempo de evaluación, así como en la interacción T*E. El contenido de ácido ascórbico en la pulpa de guayaba de los frutos control fue menor (108,225 mg.100g⁻¹ de peso fresco) comparado con los frutos recubiertos, donde se observaron valores de 127,780 y 134,929 mg.100g⁻¹ de peso fresco para los tratamientos T1 y T2, respectivamente, aun cuando no hubo efecto significativo entre los tratamientos T1 y T2. Estos resultados sugieren que la atmósfera modificada creada por el recubrimiento probablemente inhibió la pérdida de ácido ascórbico. Conjuntamente se observó reducción drástica del contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento, observándose valores promedio de 146,758 mg.100g⁻¹ a los 4 días de almacenamiento hasta 90,337 mg.100g⁻¹ a los 16 días de almacenamiento. Cabe destacar que, en el análisis estadístico la prueba de Tukey produjo dos grupos, 4-8 días de evaluación y 12-16 días de evaluación (Cuadro 2). El ácido ascórbico es un

after 16 days of storage. It should be noted that the means separation by using the Tukey test, allowed identifying two groups, at 4-8 days and at 12-16 days of evaluation (Table 2). Ascorbic acid is a water-soluble compound that degrades easily during post-harvest as indicated by Kader and Watkins (2000); These results coincide with those reported by Hong *et al.* (2012), Achipiz *et al.* (2013), Anggarwulan *et al.* (2017), among others.

Table 3 shows the results of the sensory test performed on the 16th day of storage. The sensory attributes of the coated guava fruit samples showed a higher score compared to the uncovered guavas. According to Friedman's nonparametric analysis, significant differences were only found ($P \leq 0.05$) in the attributes of firmness, color and general appearance, while the brightness and odor of the fruits had less acceptability by the panelists.

According to the average range values of the coated fruits, it is inferred that these samples had greater acceptance by the untrained panel that participated in the evaluation. González *et al.* (2016) reported that guava fruits with a binary coating showed higher score compared to uncoated fruits. Sánchez-Flores *et al.* (2010) used a coating based on gelatin and carboxymethylcellulose (CMC) in guava fruits stored for 16 days at 6 ° C, and reported that the panelists did not find differences between the control and coated fruits. The results presented here suggest that the cactus mucilage, formulated according to the indications of this report, acts with

compuesto hidrosoluble que se degrada con facilidad durante la poscosecha según lo indicado por Kader y Watkins (2000); estos resultados coinciden con los reportados por Hong *et al.* (2012), Achipiz *et al.* (2013), Anggarwulan *et al.* (2017), entre otros.

En el cuadro 3 se observan los resultados de la prueba sensorial realizada al 16avo día de almacenamiento. Los atributos sensoriales de las muestras de frutos de guayaba recubiertas mostraron una puntuación más alta en comparación de las guayabas sin recubrir. Según el análisis no paramétrico de Friedman, solo se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en los atributos de firmeza, color y apariencia general, mientras que el brillo y el olor de los frutos tuvieron menor aceptabilidad por parte de los jurados.

advantage over the EC used in the previous references, in terms of the sensory attributes evaluated.

Conclusions

Based on the present findings it is possible to conclude that edible coatings based on cactus mucilage, allowed to preserve the “Criolla Roja” guava fruits for 16 days, stored under refrigeration at $10 \pm 1^\circ\text{C}$. The treated fruits showed less weight loss and higher firmness values. The formulated edible coating conserved the pH, the percentage of acidity, the total soluble solids, the ascorbic acid content and the dry matter, showing that the natural processes of maturation were inhibited in the untreated fruits. The result of the sensory evaluation showed acceptance

Cuadro 3. Resultados de la Prueba de Friedman correspondiente a la evaluación sensorial para diferentes descriptores en frutos de guayaba, no recubiertos (T0) y recubiertos con mucílago de cactus (T1:10% y T2:20%), almacenados durante 16 días a 10°C .

Table 3. Results of the Friedman test corresponding to the sensory evaluation for different descriptors in guava fruits, uncoated (T0) and coated with cactus mucilage (T1: 10% and T2: and 20%), stored for 16 days at $10 \pm 1^\circ\text{C}$.

Descriptor	Rango promedio			Estadístico de contraste	
	T0	T1	T2	F	p
Firmeza	1,38	1,62	1,67	11,919	0,020*
Color	1,74	1,62	2,64	16,029	0,000*
Brillo	1,88	2,17	1,95	1,164	0,559
Olor	1,69	2,10	2,21	4,156	0,125
Apariencia general	1,50	2,71	1,79	24,947	0,000*

F= Estadístico de Friedman, p= Valor de probabilidad utilizando la aproximación Chi^2 , *Significativo al 95% de confianza.

De acuerdo a los valores de rango promedio de los frutos recubiertos, se infiere que éstos tuvieron mayor aceptación por parte del jurado no entrenado que participó en la evaluación. González *et al.* (2016) reportaron que frutos de guayaba con un recubrimiento binario mostraron mayor puntuación en comparación con los frutos sin recubrir. Sánchez-Flores *et al.* (2010) utilizaron un recubrimiento a base de gelatina y carboximetilcelulosa (CMC) en frutos de guayaba almacenados durante 16 días a 6°C y reportaron que los panelistas no encontraron diferencias entre los frutos control y los recubiertos. Los resultados aquí presentados sugieren que el mucílago de cactus, formulado de acuerdo a las indicaciones de este reporte, actúa con ventaja sobre los RC utilizados en las anteriores referencias, en cuanto a los atributos sensoriales evaluados.

Conclusiones

Se pudo concluir de la presente investigación, que los recubrimientos comestibles con base en mucílago de cactus, permitieron conservar los frutos de guayaba tipo “Criolla Roja” durante 16 días, almacenadas en refrigeración a 10 ±1°C. Los frutos tratados presentaron menor pérdida de peso y mayores valores de firmeza. El recubrimiento comestible formulado conservó el pH, el porcentaje de acidez, los sólidos solubles totales, el contenido de ácido ascórbico y la materia seca, mostrando que los procesos naturales de la maduración se inhibieron en los frutos no tratados. El resultado de la

in terms of firmness, color and overall appearance attributes.

Acknowledgements

This research was funded by Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de la Universidad de los Andes (CDCHTA), and Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FONACIT), through the research projects NURR-C-580-14-01-AA y 2015000046, respectively.

End of version English

evaluación sensorial mostró aceptación en cuanto los atributos firmeza, el color y la apariencia general.

Agradecimientos

Al CDCHTA de la Universidad de Los Andes y al FONACIT por el financiamiento otorgado a través de los proyectos NURR-C-580-14-01-AA y 2015000046, respectivamente.

Literatura citada

Achizip, S. M., A. E. Castillo, S. A. Mosquera, J. L. Hoyos y D. P. Navia. 2013. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajaba* L.). Colombia. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Edición Especial No. 2. 92-100.

- Aguilar-Méndez, M. A., S. Martín-Martínez, N. L. Espinoza-Herrera, M. Sánchez-Flores, A. Cruz-Orea, M. E. Ramírez-Ortiz. 2012. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y vacío*. 25(1):1-7.
- Anggarwulan, E., W. Mudyantini, I. J. Asiyah. 2015. Chitosan treatment and storage temperature in the retardation of fruit ripening of red guava (*Psidium guajava* L.). *Journal nasional*. 7(2):153-159.
- AOAC. International 2005. Official method of Analysis. 18th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA.
- Baldwin, E.A., R. Hagenmaier. 2011. Introduction. P.1-11. En: Baldwin, E.A., R. Hagenmaier y J. Bai (Eds.). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, Second edition CRC Press Boca Raton, Florida.
- Flores, G., S.B. Wu, A. Negrin y E.J. Kennelly. 2015. Chemical composition and antioxidant activity of seven cultivars of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *Food Chemistry*. 170:327-335.
- González, R. E., Y.C. Cervantes, L. D. C. Caraballo. 2016. Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario. *Temas Agrarios*, 21(1):54-64.
- Hong, K., J. Xie, L. Zhang, D. Sun, and D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae* 144(6):172-178.
- Kader, A. y C. Watkins. 2000. *Modified Atmosphere Packaging. Toward 2000 and Beyond*. HortTechnology 10(3):483-486.
- Krishna, K. R. y D. S. Rao, 2014. Effect of chitosan coating on the physiochemical characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) fruits during storage at room temperature. *Indian Journal of Science and Technology* 7(5):554-558.
- Lawless, H.T. Y H. Heymann. 2010. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. 2nd ed. New York: Springer. XXIII, 596 p.
- Manglano, P., R.F. Rovira, A. Frigola y M.J. Lagarda. 2003. Optimización de la determinación por polarografía diferencial de impulsos de ácido ascórbico en fórmulas para lactantes. *Arts Pharmaceutica*. 44(3): 271-279.
- Naserzaeim, F, M. Radishi, S. Sayfzadeh. 2015. Wrapping Materials and Cold Storage Durations Effect on Dry Matter Content of Plum. *Agricultural Engineering Research Journal*. 5(1):07-10.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis Systems*. SAS Institute Inc. Version 9.0. North Carolina SAS Institute, Inc. User's Guide. SAS help and Documentation.
- Sothornvit, R. 2013. Effect of edible coating on the qualities of fresh guava. *Acta Hort. (ISHS)* 1012:453-459.
- Sánchez Flores, M., M. A. Aguilar Méndez, y N. L. Espinoza Herrera. 2010. Extensión de la vida de anaquel de guayaba mediante recubrimientos de gelatina-carboximetilcelulosa. *Memorias de XXXI encuentro nacional de la AMIDIQ Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química 4 al 7 de Mayo de 2010, Huatulco Oaxaca*. 6p
- Teixeira, G.H.A., L.C. Júnior, A.S. Ferraudo y J.F. Durigan. 2016. Quality of guava (*Psidium guajava* L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O₂ controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO₂. *Postharvest Biol. Technol.* 111:62-68.
- Vishwasrao, C., and Ananthanarayan, L. 2016. Postharvest shelf-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surface coatings 53(4):1966-1974.
- Wijewardane, N. A. 2013. Application of polysaccharide based composite film wax coating for shelf life extension of guava (var. Bangkok Giant). *Journal of Post-Harvest Technology*. 1(1):16-21.
- Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Graterol, K. 2017. Efecto de un recubrimiento comestible formulado con mucílago del cactus (*Opuntia elatior* Mill.) sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados. *Bioagro*, 29(2):129-136.