

Coatings based on starch and pectin from 'Pear' banana (*Musa ABB*), and chitosan applied to postharvest 'Ataulfo' mango fruit

Recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' (*Musa ABB*), y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' en postcosecha

Juan Esteban Bello-Lara¹; Rosendo Balois-Morales^{2*}; Porfirio Juárez-López³; Irán Alia-Tejacal³; Cecilia Beatriz Peña-Valdivia⁴; José Orlando Jiménez-Zurita¹; María Teresa Sumaya-Martínez²; Edgar Iván Jiménez-Ruíz²

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Carretera Tepic-Compostela km 9, Xalisco, Nayarit, C. P. 63780, MÉXICO.

²Universidad Autónoma de Nayarit, Secretaría de Investigación y Posgrado. Ciudad de la Cultura S/N, Tepic, Nayarit, C. P. 63000, MÉXICO. balois_uanayar@hotmail.com (*Corresponding author).

³Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad 1001, Cuernavaca, Morelos, C. P. 62210, MÉXICO.

⁴Colegio de Postgraduados, Posgrado en Botánica. Carretera México-Texcoco km 38.5, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

Abstract

The development of new postharvest technologies, which prolong useful fruit life and are also biodegradable, has promoted the use of edible coatings, prepared based on polysaccharides obtained from nonconventional sources, such as the starch and pectin in banana fruits. The objective of this study was to evaluate the effects of coatings based on starch and pectin from 'Pear' banana, as well as chitosan applied to 'Ataulfo' mango fruit. Coverings with 1 % starch and others with 1 % pectin were applied by immersion to mango fruits at physiological maturity; fruits were then stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus another 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$. The assessed variables were: weight loss (%), color (L^* , a^* , b^*), firmness ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), total soluble solids ($^\circ\text{Brix}$), and titratable acidity (%). 'Ataulfo' mango fruits covered with starch from 'Pear' banana (*Musa ABB*) showed greater firmness ($3.34 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$) and a high content of total soluble solids (16.96°Brix), compared to the control fruits ($2.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ and 15.8°Brix , respectively); this coating extended the postharvest period to 21 days. The edible coatings did not affect the cuticle color of 'Ataulfo' mango fruits and retained their typical yellow color.

Keywords: polysaccharides, tropical fruits, biofilms, postharvest.

Resumen

El desarrollo de nuevas tecnologías postcosecha, que prolonguen la vida útil de los frutos y que al mismo tiempo sean biodegradables, ha impulsado el uso de recubrimientos comestibles elaborados a base de polisacáridos de fuentes no convencionales, tales como almidón y pectina de frutos de plátano. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo'. Los recubrimientos de almidón y pectina al 1 % se aplicaron por inmersión a frutos de mango en madurez fisiológica, los cuales se almacenaron durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso (%), color (L^* , a^* , b^*), firmeza ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) y acidez titulable (%). Los frutos de mango 'Ataulfo' recubiertos con almidón de plátano 'Pera' (*Musa ABB*) presentaron firmeza mayor ($3.34 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$) y contenido alto de sólidos solubles totales (16.96°Brix), en comparación con los frutos control ($2.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ y 15.8°Brix , respectivamente). Este mismo recubrimiento alargó el periodo postcosecha a 21 días. Los recubrimientos comestibles no afectaron el color de la cutícula de los frutos de mango 'Ataulfo' y conservaron su color amarillo característico.

Palabras clave: polisacáridos, frutos tropicales, biopelículas, postcosecha.



Introduction

Annual mango fruit (*Mangifera indica* L.) production in Mexico is over 1.45 million tons, and one of every five tons is destined to the export market. Thus, Mexico is ranked as the fourth largest mango-producing country after Indonesia (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2014). Postharvest management is important for increasing the export volume of fruit and vegetable products. Therefore, new technologies have been implemented that help preserve them; one of the alternatives that is being promoted is the use of biodegradable packaging, including edible coatings that present a viable alternative to prolong fruit shelf life and quality.

Edible coatings, made with polysaccharides from nonconventional sources, add value to fruit and vegetable products, since there is an important number of plant species with high contents of starch and pectin, which could serve as the raw material for making coatings. Species containing these materials include some fruits such as banana (*Musa paradisiaca*), which at physiological maturity has important amounts of these carbohydrates (Bello-Pérez, Agama-Acevedo, Sayago-Ayerdi, Moreno-Damían, & Figueroa, 2000).

Starch is the most commonly used raw material for making biodegradable films, mainly because it is a low-cost renewable polysaccharide, which is abundant and relatively easy to manage (Lourdin, Della-Valle, & Colonna, 1995). Pectin is another one of the complex carbohydrates found in fruits, and it is one of the principal components of the primary and medium cell wall in plant tissues (Arellanes et al., 2011). Pectin is a nontoxic biopolymer, biocompatible and biodegradable (Sriamornsak, Wattanakorn, Nunthanid, & Puttipitkhachorn, 2008), which is why it has been employed as an edible coating.

Materials and methods

Fruits were harvested in the community 14 de Marzo in the municipality of Tepic, Nayarit, Mexico. The evaluated fruits were washed with distilled water and disinfected with 1 % sodium hypochlorite. They were later selected on the basis of size, shape, color and absence of mechanical or phytosanitary damage. The selected fruits were then treated and stored at 10 ± 2 °C for 12 days; subsequently, they remained nine days at laboratory temperature (22 ± 2 °C) to simulate export conditions.

Preparation and application of starch, pectin and chitosan

A watery solution (1 %) of each polysaccharide (starch and pectin) was prepared. Additionally, 1 % chitosan, extracted from shrimp, was evaluated. The following

Introducción

La producción anual de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) es de más de 1.45 Mt, de las cuales una de cada cinco toneladas se destina a exportación. Así, México es el cuarto productor de mango, después de Indonesia (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2014). El manejo postcosecha es importante para incrementar el volumen de exportación de productos hortofrutícolas. Por lo tanto, se han implementado nuevas tecnologías que ayudan a preservarlos. Una de las alternativas que se está promoviendo es el uso de empaques biodegradables, incluyendo recubrimientos comestibles que presentan una alternativa viable para prolongar la vida de anaquel y conservar la calidad del fruto.

Los recubrimientos comestibles elaborados con polisacáridos de fuentes no convencionales dan valor agregado a los productos hortofrutícolas, ya que existe gran cantidad de especies vegetales con alto contenido de almidón y pectina; mismos que podrían ser materia prima en la extracción y elaboración de recubrimientos, dentro de estos se encuentra el plátano (*Musa paradisiaca*), que en madurez fisiológica presenta altas cantidades de carbohidratos (Bello-Pérez, Agama-Acevedo, Sayago-Ayerdi, Moreno-Damían, & Figueroa, 2000).

El almidón es la materia prima más utilizada para elaborar películas biodegradables, principalmente porque es un polisacárido renovable de bajo costo, además de abundante y relativamente fácil de manejar (Lourdin, Della-Valle, & Colonna, 1995). La pectina es otro carbohidrato complejo que se encuentra en la composición de los frutos, y es uno de los principales componentes de las paredes celulares primaria y media de los tejidos vegetales (Arellanes et al., 2011). La pectina es un biopolímero no tóxico, biocompatible y biodegradable (Sriamornsak, Wattanakorn, Nunthanid, & Puttipitkhachorn, 2008), por lo que ha sido empleada como recubrimiento comestible. Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo'.

Materiales y métodos

Los frutos se cosecharon en la comunidad 14 de Marzo perteneciente al municipio de Tepic, Nayarit, México. Los frutos evaluados se lavaron con agua destilada y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1 %. Posteriormente se seleccionaron conforme a tamaño, forma, color y ausencia de daño mecánico o fitosanitario. A los frutos seleccionados se les aplicó tratamiento y se almacenaron a 10 ± 2 °C durante 12 días; subsecuentemente, permanecieron nueve días a temperatura de laboratorio (22 ± 2 °C) para simular las condiciones de exportación.

treatments were generated: 1 % starch (T1), 1 % pectin (T2), 1 % chitosan (T3), starch-chitosan (T4), pectin-chitosan (T5) and control (T6).

Assessed variables

All variables were measured every six days, starting from day 1 until day 21 of postharvest storage.

Weight loss

To determine this variable a digital scale (Snova ES-210®) and the following formula were used:

$$WL = \frac{fw - iw}{iw} \times 100$$

where WL is weight loss, fw is final weight, and iw is the weight of the fruits at the beginning of the experiment. The values were reported in percentage (%).

Firmness

To measure fruit firmness, a penetrometer (Digital Fruits model GY-4) with a 0.8-mm diameter pressure head was used. The results are expressed in kilograms force per square centimeter (kgf·cm⁻²).

Titrateable acidity (TA)

TA was determined with NaOH at 0.1N and phenolphthalein at 0.5 % as indicator (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005). The values are reported as a percentage of malic acid present in the fruit. The formula used was:

$$Ma = \frac{V \times N \times meq}{Y} \times 100$$

where Ma is the % of malic acid, V the volume in mL of titratable NaOH, N the solution of NaOH (0.1 N), meq the weight in milliequivalents of malic acid (0.067 meq) and Y the volume in mL of sample.

Total soluble solids (TSS)

They were determined with a refractometer (Spectronics Instruments model 334610) by means of AOAC methodology (2005). The values were expressed in degrees Brix (°Brix).

Fruit Color

The color was measured in the epidermis of the fruit and in two of its equatorial zones, using a Minolta CR-300 model colorimeter; the reading was related to the parameters L*, a*, b*, where L* is the luminosity reflected by the fruit, and the values go from 0 (black) until 100 (white); a* indicates the value from green (-) to red (+), and b* indicates the value of the color going

Preparación y aplicación del almidón, pectina y quitosano

Se preparó una solución acuosa (1 %) de cada polisacárido (almidón y pectina). Adicionalmente, se evaluó quitosano al 1 %, extraído de camarón. Se generaron los siguientes tratamientos: almidón al 1 % (T1), pectina al 1 % (T2), quitosano al 1 % (T3), almidón-quitosano (T4), pectina-quitosano (T5) y control (T6).

Variables evaluadas

Todas las variables se midieron cada seis días, iniciando el día 1 hasta el día 21 del almacenamiento postcosecha.

Pérdida de peso

Para determinar esta variable se usó una balanza digital (Snova ES-210®) y la siguiente fórmula:

$$PP = \frac{pf - pi}{pi} \times 100$$

donde PP es la pérdida de peso, pf el peso final y pi el peso de los frutos al inicio del experimento. Los valores se reportaron en porcentaje (%).

Firmeza

Para medir la firmeza del fruto se utilizó un penetrómetro (Digital Fruits modelo GY-4) con un puntal de 0.8 mm de diámetro. Los resultados se expresaron en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf·cm⁻²).

Acidez titulable (AT)

La AT se obtuvo con NaOH a 0.1 N y fenolftaleína al 0.5 % como indicador (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005). Los valores se reportaron como porcentaje de ácido málico presente en el fruto. La fórmula empleada fue:

$$Am = \frac{V \times N \times meq}{Y} \times 100$$

donde Am es el % de ácido málico, V el volumen en mL de NaOH titulable, N la solución de NaOH (0.1 N), meq el peso en miliequivalentes de ácido málico (0.067 meq) y Y el volumen en mL de muestra.

Sólidos solubles totales (SST)

Los SST se determinaron con un refractómetro (Spectronics Instruments modelo 334610) mediante la metodología de la AOAC (2005). Los valores se expresaron en grados Brix (°Brix).

Color de fruto

El color se midió en la epidermis del fruto y en dos de sus zonas ecuatoriales; para lo cual se utilizó un colorímetro

from blue (-) to yellow (+), and these were converted to chromaticity (C) and hue angle (h°) parameters, which were calculated by applying the following equations (García-Tejeda, Zamudio-Flores, Bello-Pérez, Romero-Bastida, & Solorza-Feria, 2011).

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^{*} / a^{*}), \text{ when } a^{*} > 0 \text{ and } b^{*} \geq 0$$

$$h^{\circ} = 180 + \tan^{-1} (b^{*} / a^{*}), \text{ when } a^{*} < 0$$

The harvest index of mango fruits are based on the color of peel and pulp, ranging from yellow-green colors in peel, and from yellow to orange in pulp.

Experimental design and statistical analysis

A completely randomized experimental design with a 6x2 factorial arrangement was used. There were six treatments (T1 = starch, T2 = pectin, T3 = chitosan, T4 = starch/chitosan, T5 = pectin/chitosan) and two temperature levels (10 ± 2 °C and 22 ± 2 °C). The experimental unit was a fruit with 5 replications. The statistical analysis of the results was carried out with an ANOVA test (Tukey, α = 0.01) by means of the SAS statistical package (SAS, 2000).

Results and discussion

Weight loss

There were no differences ($P > 0.01$) among the treatments (Table 1); nevertheless, the least weight loss occurred with the 1 % starch-chitosan mixture (3.51 %), followed by 1 % chitosan (3.60 %) and 1 % starch (3.67 %), with respect to the control (3.88 %). Regarding postharvest performance of 'Ataulfo' mango, it was observed that for day 6 the loss was 1.64 % to 3.46 %, and for day 12 it was 1.15 % to 2.2 % with respect to the control; weight loss, however, increased (7.60 %) from day 12 to day 18 (Table 2). This tendency was possibly due to the stress

Minolta modelo CR-300. La lectura se relacionó con los parámetros L^{*} , a^{*} , b^{*} , donde L^{*} es la luminosidad reflejada por el fruto (negro a blanco), a^{*} indica el valor de verde (-) a rojo (+) y b^{*} el valor de azul (-) a amarillo (+). Estos valores se expresaron en cromaticidad (C^{*}) y ángulo de tono (h°), calculados con las siguientes ecuaciones (García-Tejeda, Zamudio-Flores, Bello-Pérez, Romero-Bastida, & Solorza-Feria, 2011).

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^{*} / a^{*}), \text{ cuando } a^{*} > 0 \text{ y } b^{*} \geq 0$$

$$h^{\circ} = 180 + \tan^{-1} (b^{*} / a^{*}), \text{ cuando } a^{*} < 0$$

Los índices de cosecha de los frutos de mango están basados en el color de la cáscara y la pulpa, éstos se encuentran entre amarillo y verde en cáscara y entre amarillo y naranja en la pulpa.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 6x2; es decir seis tratamientos (T1 = almidón, T2 = pectina, T3 = quitosano, T4 = almidón/quitosano, T5 = pectina/quitosano y T6 = control) y dos niveles de temperatura (10 ± 2 y 22 ± 2 °C). La unidad experimental fue un fruto con cinco repeticiones. El análisis estadístico de los resultados se condujo con una prueba ANOVA (Tukey, α = 0.01) con el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2000).

Resultados y discusión

Pérdida de peso

No se observaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.01$) entre los tratamientos (Cuadro 1); sin embargo, la menor pérdida de peso ocurrió con la mezcla almidón-quitosano al 1 % (3.51 %), seguida por el quitosano al

Table 1. Statistical significances of the response variables of 'Ataulfo' mango fruits during 21 days of storage.

Cuadro 1. Significancias estadísticas de las variables respuesta de frutos de mango 'Ataulfo' almacenados durante 21 días.

SV/FV	DL/GL	WL (%) / PP (%)	FIRM (kgf·cm ⁻²)	TA (%) / AT (%)	TSS (°Brix) / SST (°Brix)	L*	h°	C*
Sd/Fa	4	**	**	**	**	**	**	**
Trea/Trat	5	0.8166	**	**	**	0.7341	0.9465	0.7359
Temp	1	0	0	0	0	0	0	0
Da*Trea / Fe*Trat	20	0.1288	**	**	**	0.7034	0.9996	0.7878
Trat*Temp / Trea*Temp	5	0	0	0	0	0	0	0
CV		23.44	6.27	3.36	1.94	5.53	1.76	4.20

SV = source of variation, DL = degrees of liberty, WL = weight loss (%), FIRM = firmness (kgf·cm⁻²); TA = titratable acidity (%), TSS = total soluble solids (°Brix), L = luminosity, °h = hue degrees, C* = chromaticity, Sd = storage date, Treas = treatments, Temp = temperature factor, Da*Trea = *treatment date, Treas*Temp = treatments* temperature factor, and CV = coefficient of variation. ** = significance at $P \leq 0.01$.

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, PP = pérdida de peso, FIRM = firmeza, AT = acidez titulable, SST = sólidos solubles totales, L* = luminosidad, h° = grados de tono, C* = cromaticidad, Fa = fecha de almacenamiento, Trat = tratamientos, Temp = factor temperatura, Fe*Trat = fecha de tratamiento, Trat*Temp = tratamientos * factor temperatura y CV = coeficiente de variación. ** = significancia a $P \leq 0.01$

Table 2. Weight loss of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at 10 ± 2 °C, plus 9 days at 22 ± 2 °C.
Cuadro 2. Pérdida de peso de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos, almacenados durante 12 días a 10 ± 2 °C, más 9 días a 22 ± 2 °C.

ST (°C)/ TA (°C)	SD/ DA	Weight loss (%) / Pérdida de peso (%)					
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	Control
10	0	-	-	-	-	-	-
	6	2.08 \pm 0.31 c ^z	3.46 \pm 0.21 bc	2.59 \pm 0.54 b	1.64 \pm 0.49 c	2.67 \pm 0.47 bc	2.04 \pm 0.27 c
	12	1.73 \pm 0.81 c	1.89 \pm 0.41 c	1.15 \pm 0.49 c	1.88 \pm 0.22 c	2.22 \pm 0.49 c	1.54 \pm 0.33 c
22	18*	7.51 \pm 0.59 a	7.47 \pm 0.58 a	7.53 \pm 0.91 a	7.78 \pm 0.99 a	7.40 \pm 1.20 a	7.93 \pm 0.68 a
	21*	3.67 \pm 0.35 b	3.76 \pm 0.20 b	3.60 \pm 0.93 b	3.41 \pm 0.91 b	3.76 \pm 1.49 b	3.88 \pm 0.49 b

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from 10 ± 2 a 22 ± 2 °C.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de 10 ± 2 a 22 ± 2 °C.

the fruits suffered at being transferred from 10 ± 2 °C to 22 ± 2 °C. Similar values were obtained by Valera, Materano, Maffei, Quintero, and Zambrano (2011), who reported that in 'Bocado' mango fruit covered with 2 % starch and stored at 15 °C for 16 days, weight loss was 3.5 % to 4 %. Almeida-Castro, Reis-Pimientel, Santos-Souza, Vieira-de Oliveira, y da Costa-Oliveira (2011) also recorded that in papaya coated with 2 % starch and stored at 8 °C for six days, weight loss was 1.33 %.

Firmness

During storage of mango fruits at 10 ± 2 °C, differences ($P > 0.01$) in firmness (Table 1) were not observed; however, when they were transferred to 22 ± 2 °C, firmness diminished, with significant statistical differences being observed ($P < 0.01$) (Table 3). 'Ataulfo' mango fruits with 1 % starch had 3.34 kgf·cm⁻² firmness

1 % (3.60 %) y el almidón al 1 % (3.67 %), con respecto al control (3.88 %). En cuanto al comportamiento postcosecha del mango 'Ataulfo', se observó que para el día seis la pérdida fue de 1.64 a 3.46 % y para el día 12 fue de 1.15 a 2.2 %, respecto del control. No obstante, la pérdida de peso incrementó (7.60 %) del día 12 al 18 (Cuadro 2). Posiblemente, esta tendencia se deba al estrés que sufrieron los frutos al ser trasferidos de 10 ± 2 a 22 ± 2 °C. Valores similares a los obtenidos por Valera, Materano, Maffei, Quintero, y Zambrano (2011), quienes reportaron que, en mangos 'Bocado' recubiertos con almidón al 2 % y almacenados a 15 °C durante 16 días, la pérdida de peso fue de 3.5 a 4 %. Almeida-Castro, Reis-Pimientel, Santos-Souza, Vieira-de Oliveira, y da Costa-Oliveira (2011) también reportaron que en frutos de papaya, recubiertos con almidón al 2 % y almacenados a 8 °C durante seis días, la pérdida de peso fue de 1.33 %.

Table 3. Firmness of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at 10 ± 2 °C, plus 9 days at 22 ± 2 °C.
Cuadro 3. Firmeza de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos, almacenados durante 12 días a 10 ± 2 °C, más 9 días a 22 ± 2 °C.

ST (°C)/ TA (°C)	SD/ DA	Firmness (kgf·cm ⁻²) / Firmeza (kgf·cm ⁻²)					
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	Control
10	0	8.46 \pm 0.38 a ^z	8.46 \pm 0.38 a	8.46 \pm 0.38 a	8.46 \pm 0.38 a	8.46 \pm 0.38 a	8.46 \pm 0.38 a
	6	7.75 \pm 0.52 b	7.07 \pm 0.38 b	7.74 \pm 0.91 b	8.09 \pm 0.44 b	4.47 \pm 0.22 a	7.06 \pm 0.36 b
	12	7.32 \pm 0.29 c	7.31 \pm 0.31 b	6.53 \pm 0.12 c	7.51 \pm 0.68 d	6.64 \pm 0.25 b	6.51 \pm 0.43 c
22	18*	3.67 \pm 0.25 d	3.33 \pm 0.20 c	3.00 \pm 0.33 d	4.63 \pm 0.36 c	4.46 \pm 0.46 c	2.89 \pm 0.16 d
	21*	3.34 \pm 0.08 d	3.26 \pm 0.20 c	3.14 \pm 0.33 e	3.28 \pm 0.18 e	2.90 \pm 0.33 d	2.26 \pm 0.50 e

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from 10 ± 2 a 22 ± 2 °C.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de 10 ± 2 a 22 ± 2 °C.

loss, followed by 1 % starch/chitosan ($3.28 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), chitosan ($3.14 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), pectin ($3.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$) and 1 % pectin/chitosan ($2.90 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), with respect to the control fruits ($2.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$). This loss of firmness may be attributed to the fact that the non-water-soluble pectic fraction diminishes, implementing the soluble fraction, which caused the reduction in firmness. In addition to this, the carbohydrates, splitting from simpler units, reduce the fruit firmness (Pérez-Rivero, Bringas, Cruz, & Báez-Sañudo, 2003). Similar results were found by Zhu, Qiuming, Cao, and Jiang (2008) using chitosan at different concentrations in 'Tainong' mango. Valera et al. (2011) reported firmness of $6.5 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ with 2 % chitosan coatings and $5.5 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ with 2 % starch coatings in 'Bocado' mango fruits stored at 15°C for 16 days.

Firmeza

Durante el almacenamiento de los frutos de mango a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.01$) en la firmeza (Cuadro 1); sin embargo, cuando se transfirieron a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, la firmeza disminuyó observándose diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) (Cuadro 3). Al término del experimento, los frutos de mango 'Ataulfo' recubiertos con almidón presentaron firmeza de $3.34 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$, seguidos por almidón/quitosano ($3.28 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), quitosano ($3.14 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$), pectina ($3.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$) y pectina/quitosano ($2.90 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$); mientras que el valor más bajo lo presentó el control ($2.26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$). La pérdida de firmeza puede atribuirse a la reducción de la fracción de pectina insoluble al agua, implementándose la fracción soluble,

Table 4. Titratable acidity of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Cuadro 4. Acidez titulable de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos almacenados durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, más 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

ST ($^\circ\text{C}$)/ TA ($^\circ\text{C}$)	SD/ DA	Titratable acidity (%) / Acidez titulable (%)					Control
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	
10	0	$2.78 \pm 0.08 \text{ a}^z$	$2.78 \pm 0.08 \text{ b}$	$2.78 \pm 0.08 \text{ a}$	$2.78 \pm 0.08 \text{ a}$	$2.78 \pm 0.08 \text{ a}$	$2.78 \pm 0.08 \text{ b}$
	6	$2.79 \pm 0.14 \text{ a}$	$3.20 \pm 0.14 \text{ a}$	$2.64 \pm 0.06 \text{ a}$	$3.23 \pm 0.07 \text{ b}$	$3.16 \pm 0.08 \text{ b}$	$3.23 \pm 0.07 \text{ a}$
	12	2.73 a	$2.89 \pm 0.05 \text{ b}$	$2.86 \pm 0.05 \text{ a}$	$2.65 \pm 0.05 \text{ a}$	$3.25 \pm 0.02 \text{ c}$	$2.51 \pm 0.03 \text{ b}$
22	18*	0.61 b	$0.53 \pm 0.03 \text{ c}$	$0.53 \pm 0.03 \text{ b}$	0.30 c	$0.53 \pm 0.05 \text{ d}$	0.49 c
	21*	0.30 c	0.18 d	0.18 c	0.24 d	0.24 d	0.24 d

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from 10 ± 2 a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de 10 ± 2 a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Table 5. Total soluble solids of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Cuadro 5. Sólidos solubles totales de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos almacenados durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, más 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

ST ($^\circ\text{C}$)/ TA ($^\circ\text{C}$)	SD/ DA	Total soluble solids ($^\circ\text{Bx}$) / Sólidos solubles totales ($^\circ\text{Bx}$)					Control
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	
10	0	$6.22 \pm 0.08 \text{ d}^z$	$6.22 \pm 0.08 \text{ d}$	$6.22 \pm 0.08 \text{ c}$	$6.22 \pm 0.08 \text{ d}$	$6.22 \pm 0.08 \text{ d}$	$6.22 \pm 0.08 \text{ d}$
	6	$6.48 \pm 0.14 \text{ d}$	$6.26 \pm 0.16 \text{ d}$	$6.30 \pm 0.07 \text{ c}$	$6.06 \pm 0.41 \text{ d}$	$6.36 \pm 0.11 \text{ d}$	$6.30 \pm 0.18 \text{ d}$
	12	$10.24 \pm 0.16 \text{ c}$	$8.36 \pm 0.36 \text{ c}$	$9.20 \pm 0.12 \text{ b}$	$8.98 \pm 0.13 \text{ c}$	$11.78 \pm 0.08 \text{ c}$	$9.34 \pm 0.11 \text{ c}$
22	18*	$15.14 \pm 0.61 \text{ b}$	$15.68 \pm 0.40 \text{ b}$	$15.86 \pm 0.05 \text{ a}$	$15.34 \pm 0.11 \text{ b}$	$16.06 \pm 0.05 \text{ b}$	$15.12 \pm 0.04 \text{ b}$
	21*	$16.96 \pm 0.15 \text{ a}$	$16.90 \pm 0.01 \text{ c}$	$15.72 \pm 0.04 \text{ a}$	$16.80 \pm 0.44 \text{ a}$	$16.58 \pm 0.04 \text{ a}$	$15.08 \pm 0.00 \text{ a}$

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from 10 ± 2 a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de 10 ± 2 a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Titrateable acidity

Table 4 presents the changes in titrateable acidity (TA). TA diminished while TSS (Table 5) increased during storage time, presenting differences ($P < 0.01$) during the 12 days of storage until day 18, where TA diminished (0.61 %) in all treatments, compared to the control fruits; for day 21 the fruits presented similar values ($P > 0.01$) in the treatments. TA decreased by 0.24 % in fruits coated with chitosan, starch/chitosan, pectin/chitosan, and control fruits, with respect to the fruits covered with starch (0.30 %) and with pectin (0.18 %). Zambrano, Maffei, Materano, Quintero, and Valera (2011), in assessing coatings of starch, methyl cellulose, and chitosan, obtained similar values of 0.38, 0.46, and 0.42 %, respectively. It is assumed that these changes in the reduction of content of organic acids are due to their being used in the respiration process or being turned into sugars (Alia-Tejaca, Colinas-León, Martínez-Damián, & Soto-Hernández, 2002). Another factor which could interfere in TA is the modified atmosphere generated by the coating, which by accumulating CO_2 in the tissue results in higher fruit acidity (Zambrano et al., 2011).

Total soluble solids (TSS)

Table 5 shows the changes in total soluble solids (TSS) during the time of postharvest storage. Statistical difference ($P < 0.01$) in TSS was observed starting from day 12 of storage of coated mango fruits, with respect to the control. Zambrano et al. (2011) reported similar behavior in 'Bocado' mango fruits covered with starch, methyl cellulose, and chitosan. In the present study, the highest TSS values were obtained at 21 days of storage (15 to 17 °Brix).

y al desdoblamiento de los carbohidratos, a unidades más simples (Pérez-Rivero, Bringas, Cruz, & Báez-Saavedra, 2003). Resultados similares fueron encontrados por Zhu, Qiuming, Cao, y Jiang (2008), quienes utilizaron quitosano a diferentes concentraciones en mango 'Tainong'. Valera et al. (2011) reportaron firmeza de $6.5 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ con recubrimiento de quitosano al 2 % y de $5.5 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ con almidón al 2 % en frutos de mango 'Bocado' almacenados a 15°C durante 16 días.

Acidez titulable

El Cuadro 4 presenta los cambios de la AT; la cual disminuyó mientras los SST (Cuadro 5) incrementaron durante el tiempo de almacenamiento, presentando diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) durante los 12 días de almacenamiento hasta el día 18, la AT disminuyó (0.61 %) en todos los tratamientos, comparados con los frutos control. Para el día 21, los frutos presentaron valores similares ($P > 0.01$) en los tratamientos. La AT disminuyó 0.24 % en los frutos recubiertos con quitosano, almidón/quitosano, pectina/quitosano y los frutos control, con respecto de los frutos recubiertos con almidón (0.30 %) y pectina (0.18 %). Estos resultados son similares a los reportados por Zambrano, Maffei, Materano, Quintero, y Valera (2011); al evaluar mezclas de recubrimientos de almidón, metilcelulosa y quitosano obtuvieron valores de 0.38, 0.46 y 0.42 %, respectivamente. Los cambios en la reducción del contenido de ácidos orgánicos se atribuyen a que éstos son utilizados en el proceso de respiración o convertidos en azúcares (Alia-Tejaca, Colinas-León, Martínez-Damián, & Soto-Hernández, 2002). Otro factor que podría interferir en la AT es la atmósfera modificada generada por el recubrimiento que acumula CO_2 en el tejido, lo que resulta en mayor acidez en los frutos (Zambrano et al., 2011).

Table 6. Luminosity of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Cuadro 6. Luminosidad de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos almacenados durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, más 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

ST ($^\circ\text{C}$)/ TA ($^\circ\text{C}$)	SD/ DA	Luminosity (L^*)/Luminosidad (L^*)					
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	Control
10	0	72.63 \pm 0.47 a ^z	72.63 \pm 0.47 a	72.63 \pm 0.47 a	72.63 \pm 0.47 a	72.63 \pm 0.47 a	72.63 \pm 0.47 a
	6	65.18 \pm 0.55 a	63.95 \pm 0.59 a	61.38 \pm 0.59 a	66.51 \pm 0.61 a	66.51 \pm 0.22 a	64.55 \pm 0.78 a
	12	68.72 \pm 0.47 a	68.44 \pm 0.62 a	68.44 \pm 0.31 a	65.24 \pm 0.99 a	67.18 \pm 0.21 a	68.02 \pm 0.91 a
22	18*	73.46 \pm 0.91 a	74.16 \pm 0.31 a	72.53 \pm 0.93 a	72.99 \pm 0.80 a	74.71 \pm 0.58 a	76.16 \pm 0.16 a
	21*	72.50 \pm 0.44 a	72.76 \pm 0.59 a	73.80 \pm 0.59 a	71.49 \pm 0.89 a	71.37 \pm 0.98 a	72.82 \pm 0.98 a

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from $10 \pm 2^\circ\text{C}$ to $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de $10 \pm 2^\circ\text{C}$ a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Color

Luminosity (L^*) of the coated fruits showed no differences ($P < 0.01$) during postharvest storage compared to control fruits, so the coatings had no negative impact on the 'Ataulfo' mango fruits (Table 6). Concerning the hue angle and chromaticity, the fruits stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$ had values between 102 and 108 degrees and chromaticity between 65 and 68, reasserting the green color of the mango fruit epicarp. It was observed that the fruits, upon being transferred to storage at $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (day 12 to day 21), on day 18 acquired a light yellow coloring, and up to day 21 they presented values of 87 degrees and chromaticity of 65, thus reaching its yellow coloring, typical of 'Ataulfo' mango (Tables 7 and 8). Color changes during the ripening process of most fruits are mainly the result of chlorophyll degradation and the synthesis of pigments

Sólidos solubles totales

El Cuadro 5 muestra los cambios en SST durante el tiempo de almacenamiento postcosecha. En los SST se observó diferencia estadística ($P < 0.01$) a partir del día 12 en frutos recubiertos, con respecto al control. Zambrano et al. (2011) reportaron un comportamiento similar en frutos de mango 'Bocado' recubiertos con almidón, metilcelulosa y quitosano. En el presente estudio, los valores más altos de SST fueron obtenidos en el día 21 de almacenamiento (15 a 17°Brix).

Color

Los frutos recubiertos no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) en cuanto a la L^* (Cuadro 6) durante el almacenamiento postcosecha, comparados con los frutos control. Los frutos

Table 7. Chroma of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Cuadro 7. Cromaticidad de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos almacenados durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, más 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

ST ($^\circ\text{C}$)/ TA ($^\circ\text{C}$)	SD/ DA	Chroma (C^*)/Cromaticidad (C^*)					Control
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	
10	0	$53.22 \pm 0.61 a^z$	$53.22 \pm 0.61 a$	$53.22 \pm 0.61 a$	$53.22 \pm 0.61 a$	$53.22 \pm 0.61 a$	$53.22 \pm 0.61 a$
	6	$58.55 \pm 0.31 a$	$53.88 \pm 0.32 a$	$52.52 \pm 0.84 a$	$53.59 \pm 0.96 a$	$56.80 \pm 0.74 a$	$55.08 \pm 0.77 a$
	12	$51.65 \pm 0.61 a$	$54.96 \pm 0.97 a$	$57.23 \pm 0.73 a$	$57.23 \pm 0.76 a$	$66.21 \pm 0.42 a$	$56.25 \pm 0.55 a$
22	18*	$68.06 \pm 0.44 a$	$67.47 \pm 0.79 a$	$66.94 \pm 0.36 a$	$66.21 \pm 0.37 a$	$66.21 \pm 0.37 a$	$68.92 \pm 0.74 a$
	21*	$68.48 \pm 0.46 a$	$68.05 \pm 0.89 a$	$67.85 \pm 0.81 a$	$65.05 \pm 0.42 a$	$65.05 \pm 0.32 a$	$69.56 \pm 0.81 a$

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from $10 \pm 2^\circ\text{C}$ to $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de $10 \pm 2^\circ\text{C}$ a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Table 8. Hue of 'Ataulfo' mango fruits with different coatings stored for 12 days at $10 \pm 2^\circ\text{C}$, plus 9 days at $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Cuadro 8. Ángulo de tono de frutos de mango 'Ataulfo' con diferentes recubrimientos almacenados durante 12 días a $10 \pm 2^\circ\text{C}$, más 9 días a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

ST ($^\circ\text{C}$)/ TA ($^\circ\text{C}$)	SD/ DA	Hue (h°)/Ángulo de tono (h°)					Control
		Starch/ Almidón	Pectin/ Pectina	Chitosan/ Quitosano	Starch/Chitosan/ Almidón/Quitosano	Pectin/Chitosan/ Pectina/Quitosano	
10	0	$107.42 \pm 0.86 a^z$	$107.42 \pm 0.86 a$	$107.42 \pm 0.86 a$	$107.42 \pm 0.86 a$	$107.42 \pm 0.86 a$	$107.42 \pm 0.86 a$
	6	$105.04 \pm 0.46 a$	$109.13 \pm 0.82 a$	$107.18 \pm 0.60 a$	$107.99 \pm 0.86 a$	$107.82 \pm 0.86 a$	$109.15 \pm 0.62 a$
	12	$102.92 \pm 0.60 a$	$104.07 \pm 0.99 a$	$105.18 \pm 0.60 a$	$108.75 \pm 0.32 a$	$108.99 \pm 0.32 a$	$107.51 \pm 0.87 a$
22	18*	$87.88 \pm 0.95 a$	$87.97 \pm 0.82 a$	$88.96 \pm 0.73 a$	$88.75 \pm 0.32 a$	$88.99 \pm 0.42 a$	$88.30 \pm 0.06 a$
	21*	$87.16 \pm 0.61 a$	$87.27 \pm 0.33 a$	$88.37 \pm 0.39 a$	$87.22 \pm 0.55 a$	$86.22 \pm 0.32 a$	$87.70 \pm 0.07 a$

ST = storage temperature and SD = storage days.

^zMeans with the same letters within a column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = storage days of the fruits transferred from $10 \pm 2^\circ\text{C}$ to $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

TA = temperatura de almacenamiento y DA = días de almacenamiento.

^zMedias con letras iguales dentro de columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.01$).

* = días de almacenamiento de los frutos trasferidos de $10 \pm 2^\circ\text{C}$ a $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

such as carotenoid and anthocyanin (Brownleader et al., 1999). Similar values are reported using 2 % starch and 2 % chitosan coatings applied to 'Bocado' mango, obtaining $L^* = 61$ and $L^* = 58$, respectively; Pérez et al. (2003) recorded values of $L^* = 63.64$ in 'Tommy' mango stored at 20 °C during a 12-day period.

Conclusions

'Ataulfo' mango fruits coated with starch from 'Pear' banana (*Musa ABB*) had greater firmness (3.34 kgf·cm⁻²) and a high content of total soluble solids (16.96 °Brix) in relation to the control fruits (2.26 kgf·cm⁻² and 15.8 °Brix, respectively); the coating prolonged the postharvest period to 21 days.

The edible chitosan coating evaluated in the analyzed variables did not stand out when compared to the starch coating.

Edible coatings did not affect the cuticle color of 'Ataulfo' mango fruit and preserved its typical yellow color.

End of English version

References / Referencias

- Alia-Tejagal, I., Colinas-León, M. T., Martínez-Damián, M. T., & Soto-Hernández, M. R. (2002). Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) durante postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 8(2), 263-281. Retrieved from <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshVIII219.pdf>
- Almeida-Castro, A., Reis-Pimientel, J. D., Santos-Souza, D., Vieira-de-Oliveira, T., & da Costa-Oliveira, M. (2011). Study of preservation of papaya (*Carica papaya* L.) associated with the application of edible films. *Revista Venezuela Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(1), 049-060. Retrieved from <https://ri.ufs.br/bitstream/123456789/719/1/EstudioConservacionPapaya.pdf>
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Aiello-Mazzarri, C., & Rincón, M. (2011). Pectin yield and characterization from 'Manzano' banana peels (*Musa AAB*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(4), 523-539.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official methods of analysis, 18 th. (Ed). Gaithersburg, Maryland, USA: Author.
- Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Sayago-Ayerdi, S. G., Moreno-Damíán, E., & Figueroa, J. D. C. (2000). Some structural, physicochemical and functional studies of banana starches isolated from two varieties growing in Guerrero, México. *Starch – Stärke*, 52(2-3), 68-73. doi: 10.1002/(SICI)1521-379X(200004)52:2/3<68::AID-STAR68>3.0.CO;2-1
- almacenados durante 12 días a 10 ± 2 °C tuvieron valores entre 102 y 108 h° y entre 65 y 68 para C*, reafirmando el color verde del epicarpio del fruto de mango. Se observó que los frutos, al ser transferidos a 22 ± 2 °C (día 12 a día 21), en el día 18 adquirieron una coloración amarillo claro y para el día 21 presentaron valores de 87 h° y 65 de C*, alcanzando así la coloración amarilla que caracteriza al mango 'Ataulfo' (Cuadros 7 y 8). Los cambios de color durante la maduración, de la mayoría de los frutos, son principalmente el resultado de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos, tales como los carotenoides y las antocianinas (Brownleader et al., 1999). Valores similares se reportaron utilizando recubrimientos de almidón y quitosano al 2 % aplicados a mango 'Bocado' ($L^* = 61$ y $L^* = 58$, respectivamente). Pérez et al. (2003) registraron valores de $L^* = 63.64$ en mango 'Tommy' almacenado a 20 °C durante 12 días.
- Conclusiones**
- Los frutos de mango 'Ataulfo' recubiertos con almidón de plátano 'Pera' (*Musa ABB*) tuvieron mayor firmeza (3.34 kgf·cm⁻²) y alto contenido de SST (16.96 °Brix), en comparación con los frutos control (2.26 kgf·cm⁻² y 15.8 °Brix, respectivamente). Este mismo tratamiento prolongó el periodo postcosecha a 21 días.
- El quitosano no destacó con respecto al recubrimiento de almidón. Por otro lado, ningún tratamiento afectó el color de la cutícula de los frutos de mango 'Ataulfo'; al contrario, conservaron su color amarillo característico.

Fin de la versión en español

- Brownleader, M. D., Jackson, P., Mobasheri, A., Pantelides, A. T., Sumar, S., Trevan, M., & Dey, P. M. (1999). Molecular aspects of cell wall modification during fruit ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(2), 149-164. doi: 10.1080/10408399908500494
- García-Tejeda, Y. V., Zamudio-Flores, P. B., Bello-Pérez, L. A., Romero-Bastida, C. A., & Solorza-Feria, J. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque Biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(3), 125-135.
- Lourdin, D., Della-Valle, G., & Colonna, P. (1995). Influence of amylase content on starch films and foams. *Carbohydrate Polymers*, 27(4), 261-270. doi: 10.1016/0144-8617(95)00071-2
- Pérez-Rivero, B., Bringas, E., Cruz, L., & Báez-Sañudo, R. (2003). Aplicación de cera comestible en mango. Parte I: Efecto en las características fisicoquímicas durante el almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana*

- de Tecnología Postcosecha*, 5(2), 100-112. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/813/81350206.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). Producción agrícola por cultivo y por estado. México: Author. Retrieved from <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Sriamornsak, P., Wattanakorn, N., Nunthanid, J., & Puttipitkhachorn, S. (2008). Mucoadhesion of pectin as evidence by wettability and chain interpenetration. *Carbohydrate Polymers*, 74(3), 458-467. doi: 10.1016/j.carbpol.2008.03.022
- Statistical Analysis System (SAS Institute Inc.). (2005). Software product support manual, ver. 1 (First Edition). Cary, N. C.: Author.
- Valera, A., Materano, W., Maffei, M., Quintero, I., & Zambrano, J. (2011). Use of edible coatings and low temperature for keeping the quality on storage of mango 'Bocado' fruit. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(1), 600-608. Retrieved from http://revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_diciembre_2011/v28supl1a2011ta_600.pdf
- Zambrano, J., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Valera, A. (2011). Effect of three coatings on some quality aspects of mango fruit 'Bocado' during storage. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(1), 636-645.
- Zhu, X., Qiuming, W., Cao, J., & Jiang, W. (2008). Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(5), 770-784. doi: 10.1111/j.1745-4549.2008.00213.x