

Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc")

Edible coating of chitosan, cassava starch and cinnamon essential oil to preserve pear (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc")

Marlon Castro García¹; Vanessa Espinoza Posligua²; Yessenia García Montes³; Mario López Mantuano⁴; Ramón Molina Basurto⁴; Edison Lavayen Delgado⁴

¹ Ing. Técnico Investigador, Laboratorio de Investigación de Ciencias de Alimentos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta-Ecuador.

² Estudiante de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera Ingeniería Agroindustrial. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta-Ecuador.

³ MSc. Decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta-Ecuador.

⁴ MSc. Profesor. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera Ingeniería Agroindustrial. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Manta-Ecuador.

* **Autor para correspondencia:** rmarlon.cg22@hotmail.com

Resumen

Las tecnologías de conservación de alimentos son esenciales en la alimentación humana por lo cual es fundamental utilizar técnicas de conservación sanas y seguras para los consumidores. Los frutos de pera (*Pyrus communis*) confieren un importante aporte nutricional, sin embargo, su vida útil es limitada al ser susceptibles a daños físicos, así como al deterioro microbiológico, frente a lo cual esta investigación evalúa el efecto de recubrimientos comestibles a base de quitosano y almidón de yuca en concentraciones (de 0,5% y 1,5% más aceite esencial de canela 0,05%). Las muestras fueron envasadas en bandejas de poliestireno y almacenadas a 8 °C y 80% de humedad relativa durante 20 días. Se evaluaron variables físico-químicas: sólidos solubles, acidez titulable, pH, firmeza, pérdida de peso, índice de deterioro y análisis microbiológicos cada 5 días. Se determinó que el tratamiento T2, quitosano (1,5%) + aceite esencial de canela (0,05%), extendió la vida útil de las frutas de pera en 10 días, en comparación con las peras sin recubrimiento (control). Los tratamientos que contienen quitosano presentaron mayor reducción microbiológica durante los 20 días de almacenamiento. Estos resultados indican la eficacia de los recubrimientos comestibles de quitosano con cinamaldehído para preservar el producto en etapa de poscosecha.

Palabras clave: biodegradable, biopolímeros, empaque, película comestible, poscosecha.

Abstract

Food preservation technologies are essential in human nutrition which is why it is essential to use healthy and safe conservation techniques for consumers. Pear fruits (*Pyrus communis*) confer an important nutritional contribution, however their shelf life is limited to being susceptible to physical damage as well as to microbiological deterioration, against this research evaluates the effect of edible coatings based on chitosan and cassava starch in concentrations (0.5% and 1.5% plus cinnamon essential oil 0, 05%). The samples were packaged in polystyrene trays and stored at 8 °C and 80% relative humidity for 20 days. Physical-chemical variables: soluble solids, titratable acidity, pH, firmness, weight loss, deterioration index and microbiological analysis were evaluated every 5 days. Treatment T2, chitosan (1.5%) + essential oil of cinnamon (0.05%), extended the useful life of the pear fruits in 10 days, compared to pears without coating (control) Treatments containing chitosan showed greater microbiological reduction during the 20 days of storage. These results indicate the efficacy of edible coatings of chitosan with cinnamaldehyde to preserve the product in the post-harvest stage.

Key words: biodegradable, biopolymers, packaging, edible film, postharvest.



Recibido: 15 de julio, 2017
Aceptado: 3 de octubre, 2017

Introducción

La pera (*P. Bosc*) contiene fibra, especialmente de tipo insoluble, rica en lignina, por lo que se considera un alimento con un efecto laxante suave. Destacan sus contenidos de potasio, vitamina C, y flavonoides, compuestos con carácter antioxidante a los que se han atribuido propiedades anticarcinógenas, además de su relación con la disminución de los riesgos de enfermedades coronarias (Moreira, 2013).

Las frutas y hortalizas mantienen sus tejidos vivos incluso antes de ser ingeridas o procesadas para su conservación. Llegar a controlar el proceso de respiración en estos tejidos mejorará la conservación y ampliará la vida útil del producto. Las frutas y hortalizas frescas, así como las mínimamente procesadas prácticamente son tejidos vivos cortados, los cuales perciben un ablandamiento y pardeamiento en la superficie (Famá, Rojas, Goyanes, & Gerschenson., 2003; Ohlsson & Winter, 2003).

El almidón es el polisacárido de reserva principal de la mayoría de los vegetales, y es considerado como la principal fuente de calorías la mayor parte de la población humana. Es de trascendental importancia como constituyente de los alimentos en los que se encuentra presente, desde una perspectiva desde el punto de vista nutricional, así como a nivel tecnológico. El almidón de yuca, es muy utilizado por las industrias de papel, textiles y de alimentos (Radley 1976; Whistler, Bemiller, & Paschall 1984; Nabeshima & Grossmann, 2001). En su estado nativo, los gránulos de almidón tienen la propiedad de aumentan de tamaño, e hincharse muy rápidamente a bajas temperaturas (Whistler, Bemiller, & Paschall 1984, pp 314).

El quitosano (polímero de B-1, 4-glucosamina) es un componente de la pared celular de los crustáceos, forma películas semipermeables a gases y vapor de agua, y ha recibido atención en los últimos años por su potencial como recubrimiento comestible. Su aplicación como recubrimiento disminuye la pérdida de peso y mejora la calidad de frutos y hortalizas (Ziani,

Castro, Rivadeneira, Mantuano & Santacruz, 2014). El quitosano es un compuesto con características biofuncionales, por lo que podría ser una opción factible para mejorar o sustituir los métodos tradicionales de control microbiano. Se utiliza para formar películas que se emplean en la industria biomédica, farmacológica, oftalmológica, cosmética y alimenticia (Tharanathan & Kittur, 2003; Kumar, 2000).

Los aceites esenciales (AE) como el de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) son sustancias hidrofóbicas, consideradas generalmente reconocidas como seguras que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes, con un potencial alto como conservador natural en la industria alimentaria (Sacchetti *et al.*, 2005). El cinamaldehído es un componente mayoritario presente en el aceite esencial de canela, en estado puro posee actividad inhibitoria contra varias especies de hongos y bacterias, incluyendo muchas de relevancia en la industria de alimentos tales como *Salmonella spp*, *Escherichia coli* O157H7, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus spp* (Singh, Maurya, De Lampasona & Catalan., 2007; Friedman, Henika & Mandrell., 2002; Al-Bayati & Mohammed, 2009; Sanla-ead, Jangchud, Chonhenchob & Suppakul., 2012). Otros estudios han determinado la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del cinamaldehído, que es la concentración más baja a la que el compuesto inhibió los microorganismos, oscilando entre 800 y 1 200 ppm (Sanla-ead *et al.*, 2012).

Por lo anterior y considerando que en la actualidad se dispone de poca información relacionada con la utilización de recubrimientos comestibles en frutos de pera variedad Bosc, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto conservativo de la aplicación de recubrimientos a base de almidón de yuca y quitosano adicionándole aceite esencial de canela en peras mediante el estudio de las características físico-químicas y microbiológicas de la fruta recubierta almacenada a 8 °C. Estos resultados podrán ayudar a mejorar las técnicas de preservación de

esta fruta en la etapa de poscosecha y disminuir las pérdidas en el proceso de comercialización.

Materiales y métodos

El quitosano utilizado provino de las reservas del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Pública de Navarra (Pamplona, España); el almidón de yuca fue adquirido en el supermercado local, en tanto que los frutos de pera *Bosc* fueron adquiridos en un mercado popular de la ciudad de Manta, Ecuador. Las peras fueron seleccionadas de acuerdo a su grado de madurez, tamaño, coloración, que no presentaran daños o síntomas de deterioro.

Previo el experimento, los frutos fueron tratados con una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 0,5 % durante un minuto. Posteriormente fueron secados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C), y sumergidas en las respectivas soluciones de recubrimiento (Tabla 1). Se realizó el secado de las muestras recubiertas a temperatura ambiente durante 30 minutos. Inmediatamente se colocaron en bolsas plásticas y estas fueron depositadas en una cámara climática (SCI Finetech Co., Korea) a 8 °C y 80% de humedad relativa, donde fueron evaluadas las características físico-químicas y microbiológicas de las peras, cada 5 días durante 20 días.

Tabla 1. Formulación de las soluciones de los tratamientos empleados para el recubrimiento de peras.

| Tratamiento | Composición (p/p) |
|-------------|--------------------------------------|
| T1 | Quitosano 0,5% + Cinamaldehído 0,05% |
| T2 | Quitosano 1,5% + Cinamaldehído 0,05% |
| T3 | Almidón 0,5% + Cinamaldehído 0,05% |
| T4 | Almidón 1,5% + Cinamaldehído 0,05% |

Fuente: (Carmona, 2009)

Preparación de los recubrimientos

Para la preparación de la solución de recubrimiento de almidón de yuca se utilizó el método propuesto por Santacruz, Rivadeneira & Castro. (2015). Los recubrimientos fueron preparados mediante

soluciones acuosas al 0,5% y 1,5% (p/p). La mezcla se calentó constantemente hasta los 90 °C, en la cual se mantuvo durante 5 minutos. Después del periodo de enfriamiento al llegar a 25 °C se agregó el aceite esencial de canela en una concentración de 0,05%. Para la solución de quitosano (Mw = 149 kDa y DD = 95%) en concentraciones de 0,5% y 1,5%, se preparó una solución acuosa de ácido acético al 1% de concentración (p/p) para disolver el quitosano y se adicione aceite esencial de canela 0,05% de concentración. Las mezclas se homogeneizaron utilizando un Ultraturrax (Polytron, Suiza) a 11 000 rpm durante 2 minutos.

Pérdida de peso

Se determinó la pérdida de peso según el método propuesto por González-Aguilar, Monroy-García, Goycoolea-Valencia, Díaz-Cinco, & Ayala Zavala. (2009), los análisis fueron ejecutados cada 48 horas a lo largo del almacenamiento, se utilizó una balanza digital (Sartorius TE6101, Germany). Los resultados fueron expresados en porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial.

Medición de cantidades de sólidos solubles y acidez titulable

Para realizar los análisis de sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital (Atago, Japón), reportándose como °Brix, AOAC. (1990). La acidez titulable se determinó por valoración con NaOH 0,1 N, AOAC. (1984), reportándose como porcentaje de ácido cítrico.

Índice de deterioro

Tres muestras del control y de cada tratamiento se evaluaron individualmente en los días 0, 5, 10, 15 y 20 de almacenamiento para detectar signos de deterioro, utilizando una escala hedónica de 6 puntos propuesta por González-Aguilar *et al.* (2009).

Textura instrumental

Para la medición de la firmeza se eligieron 3 muestras de control y 3 de cada tratamiento

utilizando el método propuesto por Castro, Ziani & Santacruz. (2015). Los resultados se expresaron como la fuerza máxima (N) necesaria para penetrar en la pulpa del fruto.

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron los días 0, 5, 10, 15 y 20 del período de almacenamiento utilizando el método propuesto por Ziani *et al.* (2014). Para el sembrado de mohos y levaduras mesófilos se usó como medio de cultivo DRBC (Agar Rosa Bengala + Cloranfenicol + Dicloran).

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por medio de ANOVA y un test de TUKEY, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.

Resultados

Pérdida de peso

Se observa variación significativa ($P < 0,05$) en la pérdida de peso de las peras del control en

comparación con las peras recubiertas a lo largo de los 20 días de almacenamiento (Figura 1). Los tratamientos que mejor se comportaron fueron T1 y T2 los cuales presentaron la menor pérdida de peso, siendo el T2 el que demostró la menor pérdida con un valor de 0,28%, T1 con valores de 0,93%. Los tratamientos con almidón de yuca, T3 y T4, evidenciaron 3,40% y 2,20% de pérdida de peso respectivamente, mientras que las muestras de control presentaron un 12,3% de pérdida de peso.

Acidez titulable

Se observa diferencia significativa ($P < 0,05$) en el porcentaje de acidez de las peras de control y los tratamientos (Figura 2). En comparación, las muestras del T2 presentaron el menor porcentaje de acidez con un valor de 0,35% para el día 0, mostrando un ligero incremento durante el almacenamiento presentando un valor de 0,55% al finalizar el día 20 del periodo de estudio. Tanto los tratamientos con almidón T3; T4, como las muestras del control registraron los porcentajes más elevados de acidez, llegando a valores de 0,70%, 0,78% y 0,93%, respectivamente.

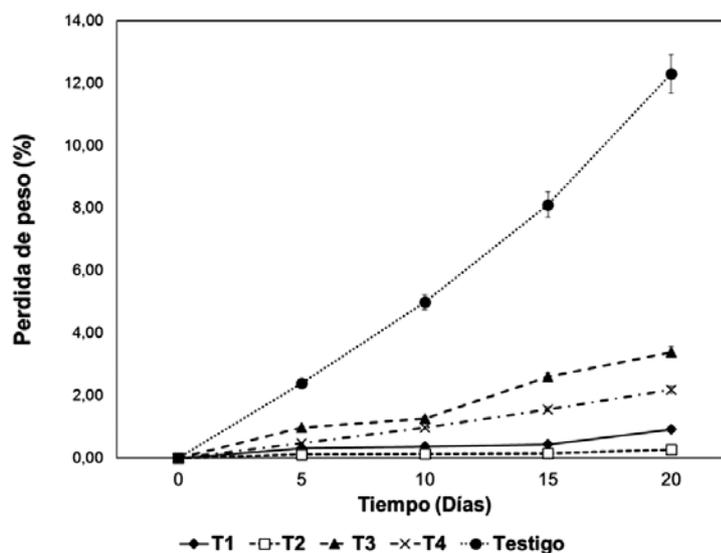


Figura 1. Pérdida de peso en peras recubiertas con almidón de yuca, quitosano y cinamaldehído, almacenadas durante 20 días a 8°C y 80% de humedad relativa. -●- T1 (quitosano 0,5% + cinamaldehído 0,05%), □ T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ▲ T3 (almidón 0,5% + cinamaldehído 0,05%), -X- T4 (almidón 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ...●.. Testigo (sin tratamiento).

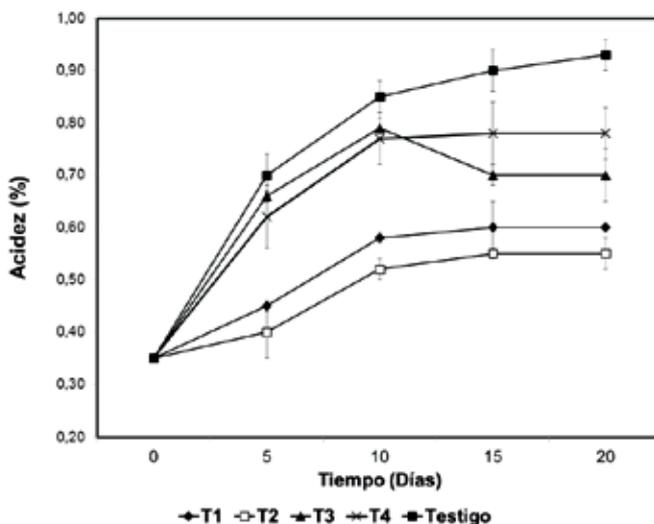


Figura 2. Acidez en peras recubiertas con almidón de yuca, quitosano y cinamaldehído, almacenadas durante 20 días a 8°C y 80% de humedad relativa. -◆- T1 (quitosano 0,5% + cinamaldehído 0,05%), □ T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ▲ T3 (almidón 0,5% + cinamaldehído 0,05%), -X- T4 (almidón 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ..●.. Testigo (sin tratamiento).

Sólidos solubles totales

Se presentó variación significativa ($P < 0,05$) en el contenido de sólidos solubles totales (SST) entre las muestras de control y las muestras de los tratamientos en los 20 días de almacenamiento. Se reportó un aumento en el contenido de sólidos solubles a lo largo del almacenamiento

en todas las muestras (Figura 3). A los 20 días de almacenamiento las muestras del T1 y T2 presentaron el más bajo contenido de SST con un valor de 15,60% y 14,90%, seguido por los tratamientos T3 y T4 con valores de 16,30% y 16,38%. Las muestras del control mostraron un mayor porcentaje de SST registrándose valores de 17,60% al final del almacenamiento.

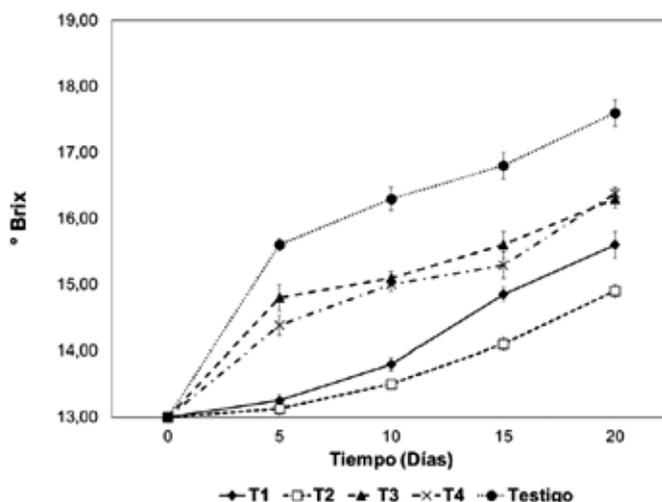


Figura 3. Grados Brix en peras recubiertas con almidón de yuca, quitosano y cinamaldehído, almacenadas durante 20 días a 8°C y 80% de humedad relativa. -◆- T1 (quitosano 0,5% + cinamaldehído 0,05%), □ T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ▲ T3 (almidón 0,5% + cinamaldehído 0,05%), -X- T4 (almidón 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ..●.. Testigo (sin tratamiento).

Índice de deterioro

Los resultados del análisis de índice de deterioro muestran diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos y el testigo durante los 20 días del periodo de almacenamiento (Figura 4). Las muestras del testigo presentaron señales de deterioro a partir del día 10 de almacenamiento, aumentando hasta llegar el día 20 cuando presentaron signos de ablandamiento degradación, los tratamientos T1, T3 y T4 mostraron menor porcentaje de deterioro, siendo el T2 el tratamiento que mejor conservó las peras sin presentar signos de deterioro durante los 20 días de almacenamiento.

Textura instrumental

Se muestra el efecto significativo ($P < 0,05$) en el análisis de textura en peras recubiertas con quitosano, almidón de yuca y cinamaldehído durante 20 días de almacenamiento a 8°C (Figura 5). El descenso fue más notable en las muestras del control que pasaron de 14,51 N en el día cero, a ,79 N para el día 20. Se

observó que el tratamiento que presentó mayor fuerza de penetración en las peras fue el T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,5%), que al final del periodo de evaluación presentó un valor de 11,26 N. Le siguen los tratamientos T1, T4 y T3 que presentaron 9,18 N; 7,83 N; 6,65 N, respectivamente.

Recuento de mohos y levaduras

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los tratamientos en cuanto al desarrollo de mohos y levaduras, estos resultados demuestran diferencia significativa ($P < 0,05$) a partir del día 5, entre los tratamientos, en comparación con el control. El tratamiento más efectivo fue el T2, el cual inhibió el crecimiento de hongos a partir del día 5 del periodo de estudio cuando no presentó datos en el recuento, pese a que en el día 0 tenía 0,8 Log UFC/g. En los tratamientos T3 y T4, recubiertos con almidón, presentaron un aumento logarítmico pasando de 0,8 Log UFC/g para el día 0 hasta llegar a 1,8 Log UFC/g y 1,1 Log UFC/g respectivamente para el día 20 del periodo de almacenamiento.

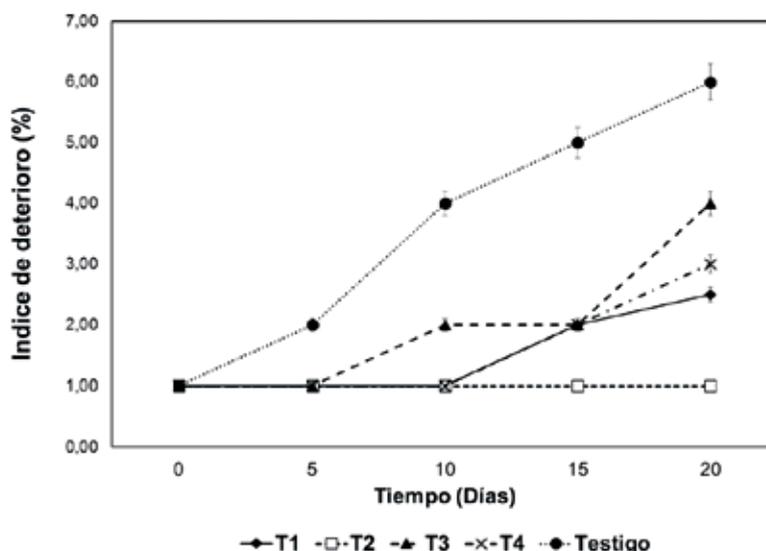


Figura 4. Deterioro en peras recubiertas con almidón de yuca, quitosano y cinamaldehído, almacenadas durante 20 días a 8°C y 80% de humedad relativa. -◆- T1 (quitosano 0,5% + cinamaldehído 0,05%), □ T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ▲ T3 (almidón 0,5% + cinamaldehído 0,05%), -X- T4 (almidón 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ..●.. Testigo (sin tratamiento).

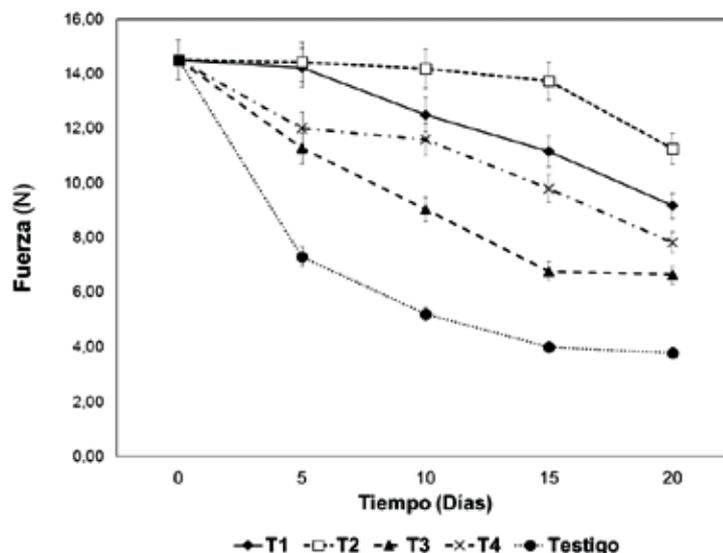


Figura 5. Textura en peras recubiertas con almidón de yuca, quitosano y cinamaldehído, almacenadas durante 20 días a 8 °C y 80% de humedad relativa. -◆- T1 (quitosano 0,5% + cinamaldehído 0,05%), □ T2 (quitosano 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ▲ T3 (almidón 0,5% + cinamaldehído 0,05%), -X- T4 (almidón 1,5% + cinamaldehído 0,05%), ..●.. Testigo (sin tratamiento).

Tabla 2. Recuento de mohos y levaduras en peras, tratadas con quitosano y almidón de yuca adicionándole cinamaldehído almacenadas durante 20 días a 8 °C.

| Tratamientos | Día 0 Log UFC/g | Día 5 Log UFC/g | Día 10 Log UFC/g | Día 15 Log UFC/g | Día 20 Log UFC/g |
|--------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Control | 0,8A ± 0,05 | 1,1B ± 0,05 | 1,3B ± 0,05 | 1,5C ± 0,11 | 2,8D ± 0,11 |
| T1 | 0,8A ± 0,05 | 0,6A ± 0,10 | 0,5A ± 0,05 | 0,4A ± 0,11 | 0,4A ± 0,05 |
| T2 | 0,8A ± 0,05 | ND | ND | ND | ND |
| T3 | 0,8A ± 0,05 | 1B ± 0,11 | 1,3B ± 0,20 | 1,5C ± 0,07 | 1,8C ± 0,03 |
| T4 | 0,8A ± 0,05 | 0,9B ± 0,10 | 1,1B ± 0,11 | 1,1B ± 0,05 | 1,1B ± 0,11 |

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. Las letras en superíndices distintas corresponden a valores estadísticamente diferentes ($\alpha < 0.05$). ND = no detectado.

Discusión

Los recubrimientos comestibles previenen la pérdida fisiológica de peso, posiblemente por la intervención de varios factores, se crea una barrera semipermeable antagonista con el O₂, CO₂ y la humedad, incremento de solutos, reacciones de oxidación, pérdida de agua y a la disminución en la tasa de la respiración (Baldwin, 1996).

Otros autores, mencionan que la pérdida de peso en los alimentos es congruente con la tasa de transpiración, que representa a la difusión

del H₂O y demás sustancias volátiles presentes en las frutas, por medio de la epidermis, esto como resultado del (proceso de respiración y transpiración) metabolismo, donde lo describe mediante la primera ley de Fick, que implanta que el flujo de un gas a través de una barrera de tejido es proporcional al gradiente de concentración (Fias, Lammertyn, Reynvoet, Dupont & Orban, 2003). Los resultados de este estudio en cuanto a la pérdida de peso podrían ser atribuidos a que los recubrimientos forman una capa que contribuye a la reducción del intercambio de gases reduciendo de esta manera la velocidad

de respiración y por ende la pérdida de agua en los frutos (Chaisawadi *et al.*, 2005).

Otros autores presentan resultados similares con investigaciones realizadas en recubrimientos comestibles, (Canto, Santana Da Silva, Simões Da Rocha, Barbosa Dos Santos, Barbosa DOS Santos, & Dos Santos, 2006) utilizaron concentraciones de (0, 1, 2, y 3% de almidón, en las que mostraron pérdidas en el peso de 4,40, 4,26, 3,93 y 3,88% en papaya.

En la etapa del climaterio suceden reacciones afines con la maduración y la etapa de senescencia acelerada, de esta manera se produce una liberación de ácidos orgánicos dentro del fruto, todas estas reacciones pueden desarrollar la acidez (Castricini, 2009).

En contraste con otros trabajos de investigación, (Figueroa, Salcedo, & Narváz 2013) señalan una disminución de acidez titulable en frutas de mango recubiertas con almidón de yuca; Henrique & Evangelista. (2006) observaron que después del quinto día de almacenamiento a una temperatura de 5 °C, en zanahorias mínimamente procesadas que fueron cubiertas con película biodegradables, se originó una disminución en la acidez los primeros días y también se evidencio un aumento en el periodo final del almacenamiento.

Rhatore, Masud, Sammi, & Soomro. (2007) asocian este comportamiento a la atmósfera modificada generada por los recubrimientos que permite ralentizar el proceso metabólico en los frutos, y en consecuencia se retrasa la degradación enzimática del ácido cítrico o conversión del mismo en azúcar durante la maduración. Solon, Menezes, De Medeiros, Aroucha, & Mendes. (2005) afirma que la concentración de ácidos orgánicos tiende a disminuir en la mayoría de los frutos debido a la utilización de los mismos como substrato respiratorio y como esqueletos de carbono para la síntesis de nuevos compuestos. Por otra parte, de Azevedo-Pinto *et al.* (2006) señalan que la disminución de la acidez de las frutas se debe probablemente a la reducción de la actividad metabólica.

Cuando los frutos entran en un proceso de maduración es acompañada por cambios en los ácidos orgánicos. La maduración presupone un descenso de la acidez, debido a que los ácidos orgánicos son degradados o bien convertidos a azúcares (Blandón-Navarro, 2012).

En la maduración, el contenido de sólidos solubles totales (SST) tiende a aumentar (Santamaría-Basulto, Díaz-Plaza, Sauri-Duch, Espadas y Gil, Santamaría-Fernández, & Larqué-Saavedra, 2009). En los tratamientos de este estudio, el contenido de SST presentó un ligero aumento, tendencia que podría estar relacionada con el retardo del proceso de maduración en los frutos revestidos con película. Similar comportamiento fue observado por Castricini. (2009) en muestras testigo de papaya recubierta con almidón de yuca a 3% por igual período y almacenadas a temperatura ambiental y de refrigeración a 12 °C. En otro trabajo Amaya, Peña, Mosquera, Villada, & Villada (2010) reportaron que el almidón de yuca, produjo una retención en el aumento de los sólidos solubles de los tomates.

Cuando existe aumento del deterioro en frutas, esto podría estar relacionado con la pérdida de textura, pérdida fisiológica de peso, acompañada de la actividad microbológica y el proceso de respiración de los frutos (Castro *et al.*, 2015). En este estudio se pudo demostrar que el recubrimiento a base de quitosano con la incorporación de cinamaldehído ayuda a disminuir el deterioro de las peras en la etapa de almacenamiento. Este comportamiento podría ser atribuido a la degradación por hidrólisis que se presenta en las paredes celulares durante la etapa de maduración, lo que afecta las fuerzas de cohesión que mantienen unas células unidas con otras y esto da origen a un ablandamiento del fruto y como consecuencia se presenta una disminución de su resistencia a la penetración (Aldana, 2001). En otro trabajo (Sakurai & Nevis, 1997) señalan que este comportamiento podría ser debido a la degradación de los componentes de la pared celular, específicamente de la pectina debido a la acción de enzimas específicas tales como las pectinesterasa y la poligalacturonasas

que ocasionan el ablandamiento de los frutos y por ende la pérdida de textura

Existen resultados que son similares a los obtenidos en un estudio de mango (Canto *et al.*, 2006), tomate (Roblejo, 2009) y en un estudio de aguacate (Aguilar-Méndez *et al.*, 2008), en el que los tratamientos perdieron firmeza durante el periodo de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran el poder inhibitorio del cinamaldehído en conjunto con la película comestible de quitosano, donde muestran su eficacia en el control de mohos y levaduras en frutas de pera. Shahidi, Arachchi, & Jeon. (1999) reportaron que una de las razones que justifican las propiedades antimicrobianas del quitosano es que este posee cargas positivas en su grupo amino, las cuales interactúan con las cargas negativas de las membranas celulares de los microorganismos. Asimismo, Helander, Nurmiaho-Lassila, Ahvenainen, Rhoades, & Roller. (2001) observaron con microscopía electrónica que el quitosano se une a la parte exterior de la membrana de los microorganismos, destruyendo su función de barrera. Romanazzi, Gabler, & Smilanick. (2006) informaron que el deterioro por hongos de las uvas puede ser inhibido al ser recubiertas con quitosano, sin embargo, Hernández-Lauzardo, Bautista-Baños, Velázquez del Valle, Rodríguez-Ambriz, Corona-Rangel, Solano-Navarro, & Bosquez-Molina, (2005) atribuyeron el efecto antimicrobiano del tratamiento de quitosano a una combinación de su actividad antimicrobiana y a la activación del mecanismo de defensa del fruto influenciado por la presencia de quitosano, mediante la activación de la enzima quitinasa y la síntesis de fitoalexinas y otros compuestos. Es así que uvas tratadas mostraron actividad de quitinasa y un aumento en la producción de fitoalexinas. Ruiz-Cruz, Guevara-Gálvez, Estrada-Alvarado, Cirachavéz, Gassós-Ortega, & Llenez-Samaniego, (2010) reportaron que diferentes recubrimientos a base de quitosano y almidón redujeron el crecimiento de mesófilos (4 Log CFU/g) en melón fresco cortado. González-Aguilar *et al.*, (2005)

reportaron que un recubrimiento de quitosano al 2% redujo la población de mesófilos aerobios en 2 Log CFU/g en papaya fresca cortada, después de 14 días de almacenamiento a 5 °C con respecto al control. El-Ghaouth, Arul, Grenier, & Asselin. (1992) observaron que fresas contaminadas con *Rhizopus stolonifer* y *Botrytis cinerea* y posteriormente tratadas con recubrimientos de quitosano al 1,5 %, reducían hasta el 60% de su deterioro durante 14 días de almacenamiento.

Los aceites esenciales afectan etapas del desarrollo de los hongos como la germinación de esporas, formación de estructuras de penetración, desarrollo de micelio y esporulación. Por lo general, la germinación de esporas y el desarrollo micelial son utilizados en estudios *in vitro* para subsecuentes aplicaciones (Montes-Belmont, Cruz-Cruz, Martínez-Martínez, Sandoval-García, García-Licona, Zilch-Domínguez, & Carvajal-Moreno, 2000).

Esto concuerda con los estudios desarrollados por Baratta, Dorman, Deans, Figueiredo, Barroso, & Ruberto, (1998), Chaisawadi, Thongbute, Methawiriyasilp, Pitakworarat, Chaisawadi, Jaturonrasamee, Khemkhaw, & Tanuthumchareon, (1995), Chanthaphon, Chanthachum, & Hongpattarakere, (1995); Sharma & Tripathi, (2008), Shukla, Shahi, S. K., & Dikshit, (2000); Quintana-Obregón, Plascencia-Jatomea, González-Aguilar, & Cortez-Rocha (2010); Viuda-Martos, Ruiz-Navajas, Fernández-López, & Pérez-Álvarez (2008) quienes publicaron sobre la actividad inhibitoria del crecimiento y/o germinación de hongos, realizando análisis antifúngicos a diferentes condiciones, a partir de aceites esenciales de canela, orégano, mejorana, limoncillo, limón, mandarina, pomelo (*Citrus paradisi* L.) y naranja dulce (Quintana *et al.*, 2010). Indican que un posible mecanismo de acción de los aceites sobre el crecimiento de los hongos es debido a los constituyentes con alta hidrofobicidad presentes en la célula, lo que ocasiona trastornos en la permeabilidad y en el transporte de iones y de otros compuestos, así como en la separación de componentes lipídicos de la membrana celular y la mitocondria.

Conclusiones

Al evaluar las características físico-químicas se concluye que la utilización de recubrimiento a base de quitosano incorporándole cinamaldehído es eficaz en reducir el proceso de senescencia de los frutos de pera. En referencia a los datos obtenidos del estudio microbiológico, el recubrimiento comestible de quitosano y cinamaldehído es efectivo al momento de contrarrestar los daños causados por microorganismos, alargando la vida útil de comercialización de los frutos hasta 20 días en condiciones de almacenamiento de 20 °C y humedad relativa del 80%.

Referencias bibliográficas

- Al-Bayati, F. A., & Mohammed, M. J. (2009). Isolation, identification, and purification of cinnamaldehyde from *Cinnamomum zeylanicum* bark oil. An antibacterial study. *Pharmaceutical Biology*, 47(1), 61-66.
- Aldana, H. (2001). Ingeniería y agroindustria. *Colombia. Terranova Editores*, 260.
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., & Villada, D. (2010). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Dyna*, 77(162), 67-73.
- AOAC. (1984). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis. (14ta. ed.). Arlington, VA, USA.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15ª ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, EEUU. 1 298 pp.
- Baratta, M. T., Dorman, H. J., Deans, S. G., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Ruberto, G. (1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and fragrance journal*, 13(4), 235-244.
- Baldwin, JR. A. S. (1996). The NF-κB and IκB proteins: new discoveries and insights. *Annual review of immunology*, 14(1), 649-681.
- Blandón-Navarro, S. 2012. Fisiología de poscosecha. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. 24 p.
- Canto, M., Santana Da Silva, A., Simões Da Rocha, A., Barbosa Dos Santos, D., Barbosa DOS Santos, S., & Dos Santos, V. (2006). Amadurecimiento de mamao formosa (*Carica papaya*) con revestimiento comestível a base de fécula de mandioca. *Ciênc. Agrotec. Lavras*, 30(6), 1 116-1 119.
- Castricini, A. (2009). Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de mamões (*Carica papaya* L.) 'Golden'. *Rio de Janeiro (Brasil): Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Seropédica*.
- Castro, M., K, Ziani., & Santacruz, S. (2015). Conservación de arilos de rambutan (*Nephelium lappaceum*) mediante recubrimientos comestibles de quitosano y áloe vera. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 23(2), 32-43.
- Chaisawadi, S., Thongbute, D., Methawiriyasilp, W., Pitakworarat, N., Chaisawadi, A., Jaturonrasamee, K., Khemkhaw, J., & Tanuthumchareon, W. (2005). Preliminary study of antimicrobial activities on medicinal herbs of Thai food ingredients. *Acta Horticulturae*. 1(675), 111-114.
- Chanthaphon, S., Chanthachum, S., & Hongpattarakere, T. (2008). Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical Citrus spp. against food-related microorganisms. *Sonklanakarín Journal of Science and Technology*, 30(1), 125-131.
- De Azevedo Pinto, L. K., Martins, M. L. L., de Resende, E. D., de Almeida, R. F., Vitorazi, L., & de Faria Pereira, S. M. (2006). Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(4), 744-748.
- El-Ghaouth, A.E., Arul, J., Grenier, J. y Asselin, A. (1992). Antifungal activity of chitosan on two Postharvest pathogens of strawberry fruits. *Postharvest Pathology and Mycotoxins*. 82(4): 398-402.
- Famáa, L., Rojasb, A. M., Goyanasa, S., & Gerschensonb, L. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. *Trabajo*, 10, 5.
- Fias, W., Lammertyn, J., Reynvoet, B., Dupont, P., & Orban, G.A. (2003). Parietal representation of

- symbolic and nonsymbolic magnitude. *Journal of cognitive neuroscience*, 15(1), 47-56.
- Figueroa, J. A., Salcedo, J. G., & Narváez, G. J. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins). *Temas Agrarios*, 18(2), 94-105.
- Friedman, M., Henika, P. R., & Mandrell, R. E. (2002). Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *Journal of food protection*, 65(10), 1 545-1 560.
- González-Aguilar, G. A., Monroy-García, I., Goycoolea-Valencia, F., Díaz-Cinco, M. E., & Ayala Zavala, J. F. (2005). Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. *Proceedings of the Symposium "Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados" La Habana, Cuba*, 121-133.
- González-Aguilar, G. A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M. A., Villegas-Ochoa, M. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23.
- Helander, I. M., Nurmiaho-Lassila, E. L., Ahvenainen, R., Rhoades, J., & Roller, S. (2001). Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *International journal of food microbiology*, 71(2), 235-244.
- Henrique, C. M., & Evangelista, R. M. (2006). Processamento mínimo de cenouras orgânicas com uso de películas biodegradáveis. *Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias*, 12(03), 7-14.
- Hernández-Lauzardo, A. N., Bautista-Baños, S., Velázquez del Valle, M. G., Rodríguez-Ambriz, S. L., Corona-Rangel, M. L., Solano-Navarro, A., & Bosquez-Molina, E. (2005). Potencial del quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 198-205.
- Kumar, M. N. R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and functional polymers*, 46(1), 1-27.
- Montes-Belmont, R., Cruz-Cruz, V., Martínez-Martínez, G., Sandoval-García, G., García-Licona, R., Zilch-Domínguez, S., & Carvajal-Moreno, M. (2000). Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(22), 125-131.
- Moreira, B. M. S. (2013). *Desenvolvimento de um sumo 100% fruta a partir de variedades de maçã e pera* (Doctoral dissertation). <http://hdl.handle.net/1822/35344>
- Nabeshima, E. H., & Grossmann, M. V. E. (2001). Functional properties of pregelatinized and cross-linked cassava starch obtained by extrusion with sodium trimetaphosphate. *Carbohydrate Polymers*, 45(4), 347-353.
- Ohlsson, T., & Winter, W. (2003). Role of matter density uncertainties in the analysis of future neutrino factory experiments. *Physical Review D*, 68(7), 073007.
- Quintana-Obregón, E. A., Plascencia-Jatomea, M., González-Aguilar, G. A., & Cortez-Rocha, M. O. (2010). Inhibición del crecimiento de *Penicillium chrysogenum* por presencia de aceites de *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium cepa* y *Cymbopogon citratus*. *Revista Mexicana de Micología*, 32, 59-62.
- Radley J. 1976. *Examination and analysis of starch products*. Applied Sciences Publishers LTD, London.
- Radley, J. A. (Ed.). (2012). *Examination and analysis of starch and starch products*. Springer Science & Business Media.
- Rathore, H. A., Masud, T., Sammi, S., & Soomro, A. H. (2007). Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera indica* L.) variety Dosehari. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(2), 143-148.
- Roblejo, L. (2009). Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates. *Op. cit*, 67-70.

- Romanazzi, G., Gabler, F. M., & Smilanick, J. L. (2006). Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Disease*, 90(4), 445-450.
- Ruiz-Cruz, S., Guevara-Gálvez, C. L., Estrada-Alvarado, I., Cira-Chavéz, L. A., Gassós-Ortega, L. E., & Llanez-Samaniego, A. L. (2010). Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y almidón para mantener la calidad sensorial y microbiológica de melón fresco cortado. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Biomédica*, 1(1), 1-11.
- Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., & Bruni, R. (2005). Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food chemistry*, 91(4), 621-632.
- Sakurai, N., & Nevins, D. J. (1997). Relationship between fruit softening and wall polysaccharides in avocado (*Persea americana* Mill) mesocarp tissues. *Plant and cell physiology*, 38(5), 603-610.
- Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.
- Sanla-Ead, N., Jangchud, A., Chonhenchob, V., & Suppakul, P. (2012). Antimicrobial Activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. *Packaging Technology and Science*, 25(1), 7-17.
- Santamaría Basulto, F., Díaz Plaza, R., Sauri Duch, E., Espadas y Gil, F., Santamaría Fernández, J. M., & Larqué Saavedra, A. (2009). Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 347-353.
- Shahidi, F., Arachchi, J. K. V., & Jeon, Y. J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in food science & technology*, 10(2), 37-51.
- Sharma, N., & Tripathi, A. (2008). Effects of Citrus sinensis (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Microbiological Research*, 163(3), 337-344.
- Shukla, A. C., Shahi, S. K., & Dikshit, A. (2000). Epicarp of Citrus sinensis: a potential source of natural pesticide. *Indian Phytopathology*, 53(4), 468-471.
- Singh, G., Maurya, S., De Lampasona, M.P. & Catalan, C. (2007). A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food and Chemical Toxicology*, 45(9), 1 650–1 661. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.02.031>
- Solon, K. N., Menezes, J. B., De Medeiros, M. K. M., Aroucha, E. M. M., & Mendes, M. D. O. (2005). Conservação pós-colheita do mamão formosa produzido no Vale do Assu sob atmosfera modificada. *Revista Caatinga*, 18(2), 105-111.
- Tharanathan, R. N., & Kittur, F. S. (2003). Chitin—the undisputed biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1):61–87 Recuperado de <http://bit.ly/2kO8uN7>
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. (2008). Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food control*, 19(12), 1 130-1 138.
- Whistler, R., Bemiller, J., & Paschall, E. (1984). Starch, chemistry and technology. Academic Press, Orlando, USA. pp. 313-314.
- Zapata, P., Valero, D., Guillén, F., Martínez, D. S., & Serrano, M. (2007, May). Mantenimiento de la calidad de tomates mediante recubrimiento de zeína. In Memorias V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena, España (Vol. 1384, p. 1393).
- Ziani, K., Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, I., & Santacruz, S. (2014). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera sobre papaya (*Carica papaya* L. cv. "Maradol") cortada. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 05-12.