

# Revista de la Universidad del Zulia



Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada

**Ciencias**  

---

**Exactas,**  

---

**Naturales y**  

---

**de la Salud**  

---

**Año 7 N° 18**

Mayo - Agosto 2016

Tercera Época

Maracaibo - Venezuela

# Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango cortado

*Marlon Castro*  
*Christian Rivadeneira*  
*Stalin Santacruz\**

---

## RESUMEN

El mango presenta un corto tiempo de vida luego de la cosecha. El uso de recubrimientos comestibles en la elaboración de mango mínimamente procesado es una alternativa para su comercialización. En este estudio se aplicó películas de quitosano, almidón de yuca-ácido salicílico o almidón de yuca-cinamaldehído-timol a mango Tommy Atkins cortado con posterior almacenamiento a 8°C y 90% de humedad relativa. Se analizó la pérdida de peso, sólidos solubles, acidez titulable, textura instrumental, color y análisis microbiológico del mango. Los resultados mostraron que la mayor y menor acidez titulable se obtuvo para las frutas recubiertas con quitosano y almidón-ácido salicílico, respectivamente. En cuanto a textura instrumental la fruta recubierta con quitosano tuvo una mayor fuerza de penetración que la fruta tratada con almidón y el control. A nivel microbiológico todas las películas inhibieron el desarrollo de hongos y levaduras mientras el control presentó un incremento durante el almacenamiento.

**PALABRAS CLAVE:** quitosano; almidón de yuca; ácido salicílico; aceites esenciales; mango.

\* Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Vía a San Mateo S/N, P.O. Box 13-05-2732, Manta, Ecuador, stalin.santacruz@gmail.com

## *Edible films based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango*

---

### ABSTRACT

Mango has a short shelf life after harvesting mainly. The use of edible films on the elaboration of minimally processed mango is an alternative for its commercialization. In the present work edible films based on chitosan, starch - salicylic acid and starch - cinnamaldehyde - thymol were applied to mango and weight loss, soluble solids, titrable acidity, colour and microbiological analyses were studied along storage for 12 days at 8 °C and 90% relative humidity. Titrable acidity was the highest and the lowest for mangoes coated with chitosan and starch - salicylic acid respectively. Regarding instrumental texture, fruit coated with chitosan showed a higher penetration force compared to fruit coated with starch and uncoated samples. Microbiological results showed that all coated mangoes inhibited growing of fungi and yeast whereas uncoated samples showed an increase of both microorganisms along the storage time.

**KEYWORDS:** chitosan; cassava starch; salicylic acid; essential oils; mango.

### Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las cinco frutas tropicales de mayor consumo a nivel mundial. Tommy Atkins es la variedad más exportada en el Ecuador con el 65% de las exportaciones totales de mango. Los mangos Tommy Atkins tienen alta resistencia a la manipulación por lo que tienen potencial para la industria de procesamiento mínimo (Chiumarelli *et al.*, 2011).

La fruta cortada es altamente perecible, las pérdidas poscosecha de mango varían entre 20% y 50% (Dávila, 1998; Singh *et al.*, 2013), siendo los problemas más comunes pérdida de peso, daño mecánico y ataque de bacterias y hongos. Propiedades fisicoquímicas como color, firmeza, entre otras, se ven afectadas por los trastornos metabólicos ocasionados por el corte (Tovar, 2001). Es necesario por lo tanto el uso de técnicas que permitan preservar de los atributos de calidad del mango mínimamente procesado.

Los recubrimientos comestibles son una alternativa para preservar la calidad y la frescura de los productos mínimamente procesados y prolongar su vida útil. La aplicación de recubrimientos crea una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua, reducen la velocidad de respiración y la deshidratación de los productos recubiertos y crean condiciones similares a los alimentos sometidos a atmósferas modificadas (Chiumarelli *et al.*, 2011).

Los polímeros más comunes en la elaboración de recubrimientos comestibles son proteínas, polisacáridos y lípidos (Sothornvit *et al.*, 2001). Entre los polisacáridos, el almidón de yuca ha sido ampliamente empleado gracias a su disponibilidad y relativo bajo costo (Santacruz *et al.*, 2015; Souza, 2012; Kampeerappun *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2007). Se ha estudiado el uso de mezclas de almidón con quitosano aplicado en guayaba (Bezerra *et al.*, 2015), con ácido ascórbico y N-acetil-cisteína en plátano (Palacín, 2012), con proteína de soja en fresas (Saavedra y Algecira, 2010), almidón modificado de yuca en tomate (Hernández, 2011) y una mezcla de almidones de yuca y papa en la conservación del mango (Trujillo *et al.*, 2012). No se han realizado hasta el momento estudios de preservación de mango Tommy Atkins empleando recubrimientos comestibles a base de yuca.

Los recubrimientos comestibles se pueden utilizar solos o conjuntamente con aditivos alimentarios que permitan retardar el pardeamiento enzimático, el crecimiento microbiano y la pérdida de textura. El uso de aceites esenciales (AE) o principios activos de aceites esenciales tales como: carvacrol, carvona, cinamaldehído, citral, p-cimene, eugenol, limoneno, mentol y timol ha sido particularmente destacado a lo largo de los años, debido a que permite extender el tiempo de vida de los alimentos (Sung *et al.*, 2013). Perdonés *et al.* (2012) reportaron cambios mínimos en las características fisicoquímicas y microbiológicas de fresas recubiertas con quitosano y AE de limón durante 15 días en almacenamiento a 4 °C, en comparación con frutas sin recubrimiento o frutas recubiertas solo con quitosano. Santos *et al.* (2012) verificó que uvas recubiertas con quitosano y aceite esencial de orégano mostraron ligeros cambios en su calidad fisicoquímica cuando fueron almacenadas a 25 °C por 12 días.

Otro aditivo utilizado conjuntamente con los recubrimientos comestibles es el ácido salicílico. Este, retrasa la maduración de las frutas, debido probablemente a la inhibición o acción de la biosíntesis de etileno (Srivastava y Dwivedi, 2000). Se ha utilizado ácido salicílico para controlar el envejecimiento en refrigeración de peras (Asghari *et al.*, 2007), frutillas (Babalar *et al.*, 2007) y uvas (Asghari *et al.*, 2009). No se han realizado hasta el momento estudios sobre el uso de ácido salicílico, cinamaldehído o timol para la preservación de mango Tommy Atkins.

En años recientes, el quitosano ha despertado considerable interés en la industria debido a su biodegradabilidad, biocompatibilidad y no toxicidad (Dash, 2011). Las soluciones de quitosano exhiben buena capacidad para

la formación de recubrimientos así como actividad antimicrobiana, que lo hacen potencialmente útil para el desarrollo de biopolímeros antimicrobianos (Dutta *et al.*, 2009). El efecto antimicrobiano parece ser el resultado de cambios en la permeabilidad celular producida por la carga del quitosano (Devlieghere *et al.*, 2004) así como características propias del quitosano como su peso molecular y grado de desacetilación (Zheng *et al.*, 2003). El pH y el tipo de ácido donde es disuelto el quitosano, así como las condiciones de almacenamiento pueden también influenciar las propiedades antimicrobianas (Begin y Van Calsteren, 1999), (Leceta *et al.*, 2013).

En base a lo expuesto anteriormente en el presente trabajo se estudió el uso de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca conjuntamente con ácido salicílico, cinamaldehído y timol así como de quitosano para la preservación de mango Tommy Atkins cortado almacenado en refrigeración.

## 1. Materiales y métodos

El quitosano (peso molecular 149 kDa, grado de desacetilación 95%) utilizado fue donado por la Universidad Pública de Navarra (Pamplona, España). Los mangos de la variedad Tommy Atkins fueron adquiridos en un mercado local de la ciudad de Manta, Ecuador. Los mangos debían presentar un grado de madurez correspondiente a media sazón, tamaño homogéneo y sin daños en la corteza.

Los mangos seleccionados fueron lavados, pelados manualmente y cortados en rodajas de 8 x 1,5 cm. Las rodajas se sumergieron en las soluciones de recubrimiento correspondiente (quitosano, almidón+ácido salicílico, almidón+cinamaldehído+timol), luego de lo cual se secaron a temperatura ambiente (aprox. 25°C). Posteriormente las rodajas de mango (aprox. 100 g) fueron colocadas en bandejas de poliuretano y cubiertas con film adherente para alimentos previo a su almacenamiento en refrigeración a 8°C y 90% de humedad relativa. Las muestras de mango se analizaron cada 4 días durante 12 días. Los análisis realizados fueron textura instrumental, acidez titulable, color y análisis microbiológico.

### 1.1. Preparación de los recubrimientos

El recubrimiento de quitosano se preparó mediante una solución de quitosano al 1% en solución de ácido acético al 1%. A la solución se añadió 1% de Tween 20, 0,5% de glicerol y 0.5% de glucosa. La solución fue posteriormente homogenizada mediante un ultraturrax (Politron, Suiza) a 11000 rpm por 4 minutos.

El recubrimiento de almidón fue preparado de acuerdo a Santacruz *et al.* (2015). Una solución de almidón de yuca al 0,5% fue calentada a 90°C en donde permaneció por 5 minutos. Enseguida se añadió 1% de Tween 20, 0,5%

de glicerol y 2 mmol/L de ácido salicílico. Una vez que la solución alcanzó la temperatura ambiente se añadió 0,5% de glucosa, 0,15% de cinamaldehído y 0,15 % de timol. Finalmente, la solución fue homogenizada tal como se describió anteriormente. Los porcentajes indicados anteriormente corresponden a una relación peso/volumen.

## 1.2. Textura instrumental

Se realizaron análisis de penetración de acuerdo a Castro *et al.* (2014). Los análisis se efectuaron mediante un texturómetro marca Shimadzu (Modelo EZ LX, Japón). Se utilizó una sonda de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud. La sonda se introdujo en la fruta a una profundidad de 15 mm con velocidad de 10 mm/s. Se reportó la fuerza máxima resultante de tres mediciones realizadas.

## 1.3. Sólidos solubles

La fruta fue desintegrada utilizando una licuadora doméstica y el jugo obtenido fue filtrado en tela de lienzo. El jugo obtenido fue analizado por medio de un refractómetro digital (KRÜSS, Germany) de acuerdo al método de la AOAC (1990). Los resultados se reportaron como °Brix.

## 1.4. Acidez titulable

La acidez titulable se determinó por valoración con solución de NaOH 0,01 M de acuerdo al método de la AOAC (1984). Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido cítrico.

## 1.5. Análisis de color

El color de la superficie de las rodajas de mango se midió utilizando un colorímetro marca Kónica Minolta (Japan) conjuntamente con una escala L\*, a\*, b\*. Las mediciones de color se expresaron con base en los parámetros de cromaticidad a\* (verde [-], rojo [+]) y b\* (azul [-], amarillo [+]). Las mediciones se realizaron por triplicado.

## 1.6. Análisis microbiológico

El conteo de hongos y levaduras se realizó en muestras de mango almacenadas luego de 0, 4, 8, y 12 días. Se usaron diez gramos de muestra la cual se mezcló con 90 mL de solución de KCl al 0,1% (p/v). Posteriormente se

preparó el inóculo mediante la mezcla de 1 mL de la solución obtenida con 9 mL de agua destilada. Los recuentos de mohos y levaduras se realizaron por el método de vertido utilizando 1 mL del inóculo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (1994). Se realizaron tres repeticiones por cada muestra.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1. Textura instrumental

Los resultados del análisis de textura instrumental revelaron que la fuerza máxima de penetración (fuerza de penetración) disminuyó para todas las muestras de mango, recubiertas y no recubiertas, a lo largo de los 12 días de almacenamiento con valores que oscilaron entre 6,0 y 0,47 N (Figura 1).

No existió diferencia estadística significativa en la fuerza de penetración entre las muestras para el día 4 de almacenamiento (Tabla 1). Sin embargo, a partir del día 8 la fuerza de penetración fue mayor para las muestras recubiertas con quitosano mientras que se registró la menor fuerza de penetración para las muestras de mango recubiertas con ácido salicílico y cinamaldehído+timol. La fuerza de penetración en el mango recubierto con quitosano se mantiene probablemente debido a la reducción de la tasa de respiración (Cissé, 2015). Resultados similares fueron encontrados por Zhu *et al.* (2008) utilizando quitosano a diferentes concentraciones en mangos cv 'Tainong'.

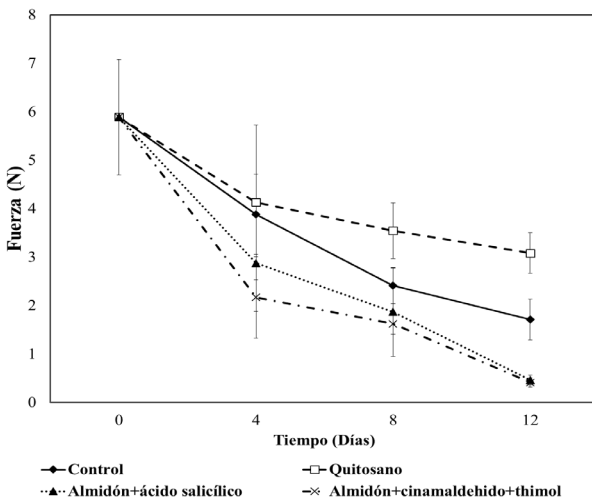


FIGURA 1. Fuerza máxima de penetración en rodajas de mango Tommy Atkins con y sin recubrimiento comestible almacenadas durante 12 días a 8 °C y 90 % de humedad relativa. □ Quitosano, ▲ Almidón de yuca+ácido salicílico, × Almidón de yuca+cinamaldehído+timol y ◆ Sin recubrimiento

## 2.2. Sólidos solubles

Los datos obtenidos no muestran diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles (SS) entre el control y las muestras de mango con recubrimiento a lo largo del almacenamiento. Las muestras inician en el día 0 con un contenido de SS de aproximadamente 9.5 °Brix y terminan luego de 12 días de almacenamiento con un valor de alrededor de 8.5 °Brix (Tabla 1). Un descenso en el contenido de sólidos solubles lo encontraron Bueno *et al.* (2005) en piña mínimamente procesada almacenada a 5°C. La reducción de los sólidos solubles es probablemente debida al proceso respiratorio que implica un mayor consumo de sustrato orgánico, es decir, azúcares (Kader, 2002).

Tabla 1. Acidez titulable, sólidos solubles (°brix) y fuerza máxima de penetración en rodajas de mango tomy atkins recubiertas con quitosano, almidón de yuca, ácido salicílico, cinamaldehído y timol, almacenados durante 12 días a 8 °c y 90% de humedad relativa.

	Días								
	4			8			12		
	Acidez	°Brix	Fuerza <sup>5</sup>	Acidez	°Brix	Fuerza <sup>5</sup>	Acidez	°Brix	Fuerza <sup>5</sup>
ACT <sup>1</sup>	16,75 <sup>A</sup>	7,85 <sup>A</sup>	1,25 <sup>A</sup>	10,75 <sup>A</sup>	9,05 <sup>A</sup>	1,85 <sup>A</sup>	13,88 <sup>A</sup>	8,80 <sup>A</sup>	0,50 <sup>A</sup>
AAS <sup>2</sup>	17,05 <sup>A</sup>	8,80 <sup>A</sup>	2,88 <sup>A</sup>	12,55 <sup>A</sup>	8,85 <sup>A</sup>	1,87 <sup>A</sup>	15,40 <sup>A</sup>	8,85 <sup>A</sup>	0,48 <sup>A</sup>
Q <sup>3</sup>	19,20 <sup>A</sup>	9,20 <sup>A</sup>	4,13 <sup>A</sup>	20,45 <sup>B</sup>	8,65 <sup>A</sup>	3,55 <sup>B</sup>	36,45 <sup>C</sup>	8,40 <sup>A</sup>	3,09 <sup>C</sup>
C <sup>4</sup>	20,00 <sup>A</sup>	7,20 <sup>A</sup>	3,88 <sup>A</sup>	20,30 <sup>B</sup>	7,60 <sup>A</sup>	2,41 <sup>A,B</sup>	20,38 <sup>B</sup>	8,80 <sup>A</sup>	1,72 <sup>B</sup>

<sup>1</sup>Almidón+cinamaldehído+timol

<sup>2</sup>Almidón+ácido salicílico

<sup>3</sup>Quitosano

<sup>4</sup>Control

<sup>5</sup>Máxima fuerza de penetración

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. Dentro de cada columna, letras distintas (superíndices) corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

## 2.3. Acidez titulable

Los resultados de acidez titulable revelan que las muestras de quitosano y el control presentaron diferencia significativa con respecto a las muestras



tratadas con ácido salicílico y cinamaldehído + timol (Tabla 1). Los valores de acidez fueron más altos para el tratamiento de quitosano con 0,45% para el día 0, llegando a 0,85% para el día 12, seguido de las muestras control con 0,65% para el día 12 de almacenamiento. Los valores más bajos fueron para las muestras tratadas con ácido salicílico que presentaron valores de 0,45% para el día 0 y 0,49% para el día 12. En cuanto a los resultados obtenidos del tratamiento con cinamaldehído + timol se observó una reducción de acidez de 0,45% para el día 0 a 0,44% para el día 12 de almacenamiento. Incrementos en la acidez titulable fueron encontrados por Bueno *et al.* (2005) para piña mínimamente procesada almacenada a 5°C. Rathore *et al.* (2007), asocian este comportamiento a la atmósfera modificada generada por los recubrimientos. Esto permite ralentizar el proceso metabólico en los frutos mediante el retraso de la degradación enzimática del ácido cítrico a azúcares.

## 2.4. Color

En la tabla 2 se muestran los resultados de la medición de color de las rodajas de mango durante el almacenamiento a través de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . No existió diferencia estadística significativa para los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  entre las muestras con y sin recubrimiento. La única excepción fue el valor de  $L^*$  de la muestra tratada con almidón+ácido salicílico luego de 12 días de almacenamiento, la cual fue menor y estadísticamente diferente a las otras muestras. El valor de  $L^*$  decreció un 10% a lo largo del almacenamiento para las muestras tratadas con ácido salicílico y un 7,9% para las tratadas con cinamaldehído + timol, mientras que la muestra sin recubrimiento por el contrario incremento un 9% en el valor de  $L^*$ . La disminución en el valor de  $L^*$  implica que la pulpa de mango se tornó menos brillante durante el almacenamiento. No existió diferencia en los valores de  $a^*$  y  $b^*$  entre todas las muestras a lo largo del almacenamiento.

Robles *et al.* (2013) utilizaron recubrimientos comestibles con antioxidantes para cubos de mango de la variedad Kent. Se encontró que al final del almacenamiento las muestras con recubrimiento solo perdieron 2,5% del valor inicial de  $L^*$  en comparación con una pérdida del 7% en las muestras que no tenían recubrimiento comestible. Lee *et al.*, (2003) utilizaron recubrimientos comestibles a base de polisacáridos y antioxidantes para retrasar el pardeamiento en manzanas recién cortadas. Fontes *et al.* (2008) usaron recubrimiento de almidón de yuca para preservar el color de manzanas recién cortadas, manteniendo los valores de  $L^*$  durante todo el almacenamiento. Chiumarelli *et al.* (2011) reportaron que recubrimientos de almidón de yuca, ácido cítrico y glicerol ofrecen un efectivo mantenimiento de las características de color en muestras de mango cortado, debido al efecto combinado del recubrimiento y el ácido cítrico. A pesar de que los

recubrimientos comestibles a base de polisacáridos como el almidón son una buena barrera para los gases (Dussán *et al.*, 2014), en el presente estudio, la utilización de ácido salicílico o cinamaldehído+timol conjuntamente con un recubrimiento a base de almidón no logra un retraso efectivo en el pardeamiento.

Tabla 2. Cambios en los valores de coordenadas (L\*), (a\*) y (b\*) en rodajas de mango tommy atkins recubiertas con quitosano, almidón de yuca, ácido salicílico, cinamaldehído + timol, almacenados durante 12 días a 8°C y 90% de humedad relativa.

Tratamientos	Días								
	0			8			12		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Control	67,3 <sup>A</sup>	-3,4 <sup>A</sup>	60,6 <sup>A</sup>	73,5 <sup>A</sup>	-4,9 <sup>A</sup>	62,6 <sup>A</sup>	73,4 <sup>B</sup>	-4,5 <sup>A</sup>	62,2 <sup>A</sup>
Quitosano	67,3 <sup>A</sup>	-3,4 <sup>A</sup>	60,6 <sup>A</sup>	68,5 <sup>A</sup>	-1,9 <sup>A</sup>	66,8 <sup>A</sup>	65,2 <sup>B</sup>	-2,8 <sup>A</sup>	59,2 <sup>A</sup>
AAS <sup>1</sup>	67,3 <sup>A</sup>	-3,4 <sup>A</sup>	60,6 <sup>A</sup>	62,4 <sup>A</sup>	-2,1 <sup>A</sup>	62,1 <sup>A</sup>	60,6 <sup>A</sup>	-0,5 <sup>A</sup>	61,1 <sup>A</sup>
ACT <sup>2</sup>	67,3 <sup>A</sup>	-3,4 <sup>A</sup>	60,6 <sup>A</sup>	63,4 <sup>A</sup>	-4,3 <sup>A</sup>	58,1 <sup>A</sup>	62,0 <sup>B</sup>	-2,9 <sup>A</sup>	55,6 <sup>A</sup>

<sup>1</sup>Almidón+ácido salicílico

<sup>2</sup>Almidón+cinamaldehído+timol

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. Dentro de cada columna, letras distintas (superíndices) corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

## 2.5. Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico (Tabla 3) muestran que todos los tratamientos inhibieron el desarrollo de hongos y levaduras en comparación con las muestras control que mostraron un incremento en el conteo de colonias pasando de 1 log UFC g<sup>-1</sup> para el día 0 a 1.8 log UFC g<sup>-1</sup> para el día 12 del estudio. Estudios realizados demuestran que el quitosano a concentraciones menores del 1% afecta la esporulación de *Botrytis cinerea* y *Penicillium expansum* (Liu *et al.*, 2007). La afectación inducida por el quitosano sobre la germinación de las esporas de *Rhizopus stolonifer* ha sido reportada previamente a diferentes concentraciones que oscilan desde 1 hasta 2 mg mL<sup>-1</sup> (Hernández *et al.*, 2007), (Hernández *et al.*, 2008). Resultados reportados recientemente por Badawy y Rabea (2009) demostraron que el quitosano aplicado en concentraciones de 2

a 4 mg mL<sup>-1</sup> puede controlar infecciones de *Botritis cinerea* en frutos de tomate. En investigaciones realizadas con *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de papaya se observó que el tratamiento con quitosano controló la antracnosis en los frutos (Bautista *et al.*, 2003). En cuanto a estudios de quitosano Bautista-Baños *et al.* (2003) y Bautista *et al.* (2004), lograron la inhibición completa del crecimiento de hongos como *Fusarium oxysporum*, *R. stolonifer*, *Penicillium digitatum* y *C. gloeosporioides* a concentraciones de 3 % de quitosano.

La eficacia del cinamaldehído en la inhibición del crecimiento de hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* ha sido demostrada por varios autores. López *et al.* (2007a) encontraron que *Penicillium islandicum* y *A. flavus* fueron completamente inhibidos por 4,36 µl/L y 34,9 µl/L, respectivamente de cinamaldehído-fortificado en fase de vapor. Tunc *et al.* (2007) encontraron que cinamaldehído es uno de los inhibidores más fuertes de crecimiento de *Penicillium notatum*. Películas antimicrobianas de polipropileno que incorporan 2% de cinamaldehído también mostraron una inhibición completa de *A. flavus*, *Penicillium comuna*, *P. expansum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium roqueforti*, y *P. islandicum* (López *et al.*, 2007b). Camele *et al.* (2012) registraron actividad fungistática para timol contra *P. citrophthora* y *R. stolonifer*. El crecimiento del micelio de *P. expansum* fue inhibido por timol y carvacrol a 250 ppm de concentración. Plotto *et al.* (2003) también reportan que los compuestos de carvacrol, timol, y citral mostraron inhibición del crecimiento micelial de *Botrytis cinerea*, *Alternaria arborescens* y *Rhizopus stolonifer*. Los resultados positivos de inhibición del desarrollo de microorganismos por parte de los aceites esenciales podrían atribuirse a que estos afectan etapas del desarrollo de los hongos como la germinación de esporas, formación de estructuras de penetración, y desarrollo de micelio y esporulación.

Tabla 3. Recuento de hongos y levaduras en rodajas de mango tomy atkins tratadas con quitosano, almidón de yuca, ácido salicílico, cinamaldehído + timol, almacenados durante 12 días a 8 °c y 90% de humedad relativa.

Tratamientos	Día 7 (log UFC g <sup>-1</sup> )	Día 14 (log UFC g <sup>-1</sup> )	Día 21 (log UFC g <sup>-1</sup> )	Día 28 (log UFC g <sup>-1</sup> )
Control	1,00 <sup>A</sup>	1,2 <sup>A</sup>	1,4 <sup>A</sup>	1,8 <sup>A</sup>
Quitosano	1,00 <sup>A</sup>	ND	ND	ND
AAS <sup>1</sup>	1,00 <sup>A</sup>	ND	ND	ND
ACT <sup>2</sup>	1,00 <sup>A</sup>	ND	ND	ND

<sup>1</sup>Almidón+ácido salicílico

<sup>2</sup>Almidón+cinamaldehído+timol

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. Dentro de cada columna, letras distintas (superíndices) corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ). ND, no detectado.

## Conclusiones

El uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano reduce la pérdida de textura en mango cortado almacenado en refrigeración en relación a las muestras sin tratamiento. A nivel microbiológico todos los tratamientos fueron eficaces para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras en comparación con el control. Se recomienda realizar estudios de solubilización de quitosano en otros ácidos así como análisis sensorial de las muestras recubiertas para ver la aceptabilidad de los consumidores.

## Referencias

- AOAC. (1984). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14<sup>th</sup> ed. Washington DC, USA, Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Asghari, M., Hajitagilo, R., Shirzad, H. (2007). Postharvest treatment of salicylic acid effectively controls pear fruit diseases and disorders during cold storage. COST action 924. In Proceedings of the international congress on Novel Approaches for the Control of postharvest diseases and disorders. 355-360.
- Asghari, M., Hajitagilo, R., Jalilimarandi, R. (2009). Postharvest application of salicylic acid before coating with chitosan affects the pattern of quality changes in table grape during cold storage. In 6th International Postharvest Symposium. Antalya, Turkey.
- Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chem.*, 105, 449-453.
- Badawy, M., Rabea, E. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technol.*, 51, 110-117.
- Bautista, S., Hernández, M., Bósquez, E., Wilson, C. (2003). Effects of chitosan and plant extracts on growth of *C. gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection.*, 22, 1087-1092.
- Bautista, S., Hernández, M., Bósquez, E. (2004). Growth inhibition of selected fungi by chitosan and plant extracts. *Mexican J of Phytopathol.*, 22, 178-186.
- Begin, A., Van Calsteren, M. (1999). Antimicrobial films produced from chitosan. *Int J of Biological Macromol.*, 26, 63-67.

- Bezerra, A., Fitzgerald, A., Lins L. (2015). Impact of edible chitosan-cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chem.*, 171, 108-116.
- Bueno, S., Boas, J., Elisabeth, E., Pinheiro T. (2005). Da qualidade do abacaxi “pérola” minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 353-361.
- Camele, I., Altieri, L., Mancini, E., Rana, G. (2012). In vitro control of post-harvest fruit rot fungi by some plant essential oil components. *Int J of Molecular Sci.*, 13, 2290-2300.
- Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, M., Santacruz, S., Ziani, K. (2014). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y áloe vera sobre papaya (*Carica papaya* L. cv. “Maradol”) cortada. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22, 05-12.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C., Sarantópoulos, C., Hubinger, M. (2011). Fresh Cut Mango Pre-treated with Citric Acid and Coated with Cassava Starch or Sodium Alginate. *Innovative Food Sci & Emerging Technologies*, 12, 381-387.
- Cissé, M. (2015). Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. *Postharvest Biology and Technol.*, 10 - 14.
- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R., Chiellini, E. (2011). Chitosan: A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Progress in Polymer Sci.*, 36, 981-1014.
- Dávila, J. (1998). Manual poscosecha de mango. Quito, Proyecto BID-Fundacyt-EPN-090.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiol.*, 21, 703-714.
- Dussán, S., Torres, C., Hleap, J. (2014). Effect of Edible Coating and Different Packaging during Cold Storage of Fresh-cut Mango. *Información Tecnológica*, 25, 123-130.
- Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chem.*, 114, 1173-1182.
- Flores, S., Famá, L., Rojas, A., Goyanes, S., Gerschenson, L. (2007). Physical properties of tapioca-starch edible films: influence of filmmaking and potassium sorbate. *Food Res Int.*, 40, 257-265.
- Fontes, L., Sarmiento, S., Spoto M., Dias, C. (2008). Preservation of minimally processed apple using edible coatings. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 872-880.
- Hernández, A., Hernández, M., Velázquez, M., Guerra, M., Melo, G. (2007). Actividad antifúngica del quitosano en el control de *R. stolonifer* y *Mucor* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25, 109-113.
- Hernández, A., Bautista, S., Velázquez, M., Méndez, M., Sánchez, M., Bello, L. (2008). Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *R. stolonifer*. *Carbohydrate Polymers*, 73, 541-547.

- Hernández, P., Burbano, A., Mosquera, S., Villada, H., Navia, D. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación*, 8, 96-103.
- Kader, A. (2002). Post-harvest technology of horticultural crops. Oakland, University of California.
- Kampeerapappun, P., Aht-Ong, D., Pentrakoon, D., Srikulkit, K. (2007). Preparation of cassava starch/montmorillonite composite film. *Carbohydrate Polymers*, 67, 155-163.
- Leceta, I., Guerrero, P., Ibarburu, I., Dueñas M., Caba, K. (2013). Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films. *J of Food Eng.*, 116, 889-899.
- Lee, J., Park, H., Choi, W. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT Food Sci and Technol.*, 36, 323-329.
- Liu, J., Tian, S., Meng, X., Xu, Y. (2007). Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technol.*, 44, 300-306.
- López, P., Sánchez, C., Batlle, R., Nerin, C. (2007a). Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 4348-4356.
- López, P., Sánchez, C., Batlle, R., Nerin, C. (2007b). Development of flexible antimicrobial films using essential oils as active agents. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 8814-8824.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. (1994). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. En línea [www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html). 15.01.2015
- Palacín, J. (2012). Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, N-acetil-cisteína en la calidad del plátano. Tesis. Cartagena, Universidad Nacional de Colombia.
- Perdones, A., Sánchez, L., Chiralt, A., Vargas, M. (2012). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage of strawberry. *Postharvest Biol and Technol.*, 70, 32-41.
- Plotto, A., Roberts, D., Roberts, R. (2003). Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato. *Acta Hort.*, 628, 737-745.
- Rathore, H., Masud, T., Soomro, A. (2007). Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango. *Pakistan J of Nutrition*, 6, 143-148.
- Robles, R., Rojas, M., Odriozola, I., Gonzales, G., Martin O. (2013) Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *Food Sci and Technol.*, 50, 240-246.
- Saavedra, N., Algecira, N. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína de soya en la conservación de fresas. *Revista Nova*, 8, 171-182.
- 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.
- Santos, N., Alves, A., Aguiar, A., Oliveira, C., Sales, C., Silva, S. (2012). Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *R. stolonifer* and *A. niger* in grapes. *Food Microbiol.*, 32, 345-353.
- Singh, Z., Singh, R., Sane, V., Nath P. (2013). Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. *Critical Rev. Plant Sci.*, 32, 217-236.
- Sothornvit, R., Krochta, J. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of b-lactoglobulin films. *J. Food Eng.*, 50, 149-155.
- Souza, A., Benze, R., Ferrão, E., Ditchfield, C., Coelho, A., Tadini, C. (2012). Cassava starch films: Influence of glycerol and clay nanoparticle content on tensile and barrier properties and glass transition temperature. *LWT - Food Sci and Technol.*, 46, 110-117.
- Srivastava, M., Dwivedi, U. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Sci.*, 158, 87 - 96.
- Sung, S., Sina, L., Tee, T., Bee, S., Rahmat, A., Rahman, W. (2013). Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends in Food Sci & Technology*, 33, 110-123.
- Tovar, B., García, H., Mata, M. (2001). Physiology of Pre-cut Mango II. Evolution of Organic Acids. *Food Res Int.*, 34, 705-714.
- Trujillo, Y., Pérez, J., Durán, D. (2012). Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango. *Revista Alimentech*, 10, 5-17.
- Tunc, S., Chollet, E., Chalier, P., Gontard, N. (2007). Combined effect of volatile antimicrobial agents on the growth of *P. notatum*. *Int. J. Food Microbiol.*, 113, 263-270.
- Zheng, L., Zhu, J.-F. (2003). Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydrate Polymers*, 54, 527-530.
- Zhu, X., Qiuming, W., Jiankang, C., Weibo, J. (2008). Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango. *J. of Food Processing and Preservation*, 32, 770-784.