



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ARTÍCULO ACADÉMICO

Previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial

TEMA:

“Aplicación de un recubrimiento comestible a base de la cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate”.

AUTOR:

Boris Andrés Tubay León

TUTOR:

Ing. Christian Rivadeneira Mg.

MANTA – 2020

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ARTÍCULO ACADÉMICO

“Aplicación de un recubrimiento comestible a base de la cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate”.

Artículo Académico presentado al Honorable Consejo Directivo de la Facultad Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Ing. George García Mg G.A.

DECANO DE LA FACULTAD

Ing. Christian Rivadeneira Mg.

TUTOR DEL ARTÍCULO ACADÉMICO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Ing. María Isabel Mantuano.

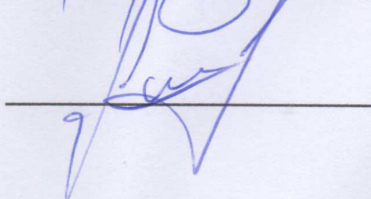
Ing. Roy Barre Zambrano.

Blgo. Víctor Otero Tuarez.









CERTIFICACIÓN

La responsabilidad de todas las ideas, opiniones y contenidos expresados en la presente investigación es de exclusiva responsabilidad del autor y el patrimonio

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de artículo académico, cuyo tema del proyecto es **"Aplicación de un recubrimiento comestible a base de la cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate"** el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos interno de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor TUBAY LEÓN BORIS ANDRÉS, estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, período académico 2019-2020, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 6 de febrero del 2020.

Lo certifico,



Ing. Christian Rivadeneira Barcia, Mg

Docente Tutor

Área: Ingeniería Agroindustrial

DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad al tutor y el patrimonio intelectual del autor, estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Aplicación de un Recubrimiento Comestible a base de la Cáscara de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Ácido Salicílico en el Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Boris A. Tubay León¹, Cristian Echeverría², Roy S. Zambrano³, María I. Mantuano⁴ y Víctor G. Tuxeda⁵

(1) Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Santa Euzébia

(2) Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Santa Euzébia

Correspondencia: boris@unel.edu.ec; cristian.echeverria@unel.edu.ec; roy.s.zambrano@unel.edu.ec; maria.i.mantuano@unel.edu.ec; victor.g.tuxeda@unel.edu.ec

CI: 131689541-4

Resumen

El objetivo del trabajo fue la determinación del efecto de un recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate. Se determinó el pH, sólidos solubles, índice de deformación, textura, color y acidez titulable como modelo experimental para evaluar el efecto de la película comestible en los tomates en 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Los análisis demostraron que la acidez titulable, sólidos solubles y pH no variaron en los tomates en relación a las concentraciones de ácido salicílico y cáscara de plátano; mientras que, en la textura, el tomate con mayor porcentaje de recubrimiento tuvo mayor fuerza de penetración que los demás tratamientos. Se concluye que los tomates al ser un fruto climatérico, necesitan de un tratamiento para prolongar su vida útil, haciendo que el recubrimiento a base de cáscara de plátano y ácido salicílico sea una buena alternativa para su conservación.

Palabras clave: recubrimientos comestibles, ácido salicílico, tomates, cáscara de plátano, postcosecha.

Application of an Edible Coating based on the Banana Peel (*Musa paradisiaca*) and Salicylic Acid in the Tomato (*Solanum lycopersicum*)

Abstract

The objective of the work was to determine the effect of an edible coating based on banana peel and salicylic acid in tomatoes. The pH, soluble solids, deformation index, texture, color and acidity titrable was determined as an experimental model to evaluate the effect of the edible film on tomatoes in 15 days of storage at room temperature. The analyzes showed that titrable acidity, soluble solids and pH not varied in tomatoes in relation to the concentrations of salicylic acid and banana peel, while, in texture, the tomato with a higher percentage of coating had greater penetration strength than other treatments. It is concluded that tomatoes being a climacteric fruit, need a treatment to prolong their shelf life, making the coating based on banana peel and salicylic acid a good alternative for conservation.

Keywords: edible coatings, salicylic acid, tomatoes, banana peel, postharvest.

Aplicación de un Recubrimiento Comestible a base de la Cáscara de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Ácido Salicílico en el Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Boris A. Tubay^{1,2}; Christian S. Rivadeneira¹; Roy B. Zambrano¹; María I. Mantuano¹ y Víctor O. Tuarez¹

(1) Facultad de Ciencias Agropecuarias, Univ. Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Manta-Ecuador

(2) Laboratorio de investigación de Alimentos, Av. Circunvalación, Manta-Ecuador

Correo-e: boristubay2414@gmail.com; christian.rivadeneira@uleam.edu.ec; victor21otero@yahoo.com; maisabelmc@hotmail.es; rolebaz@hotmail.com

Resumen

El objetivo del trabajo fue la determinación del efecto de un recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate. Se determinó el pH, sólidos solubles, índice de deterioro, textura, color y acidez titulable como modelo experimental para evaluar el efecto de la película comestible en los tomates en 16 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Los análisis demostraron que la acidez titulable, sólidos solubles y pH no variaron en los tomates en relación a las concentraciones de ácido salicílico y cáscara de plátano, mientras que, en la textura, el tomate con mayor porcentaje de recubrimiento tuvo mayor fuerza de penetración que los demás tratamientos. Se concluye que los tomates al ser un fruto climatérico, necesita de un tratamiento para prolongar su vida útil, haciendo que el recubrimiento a base de cáscara de plátano y ácido salicílico sea una buena alternativa para su conservación.

Palabras claves: recubrimientos comestibles; ácido acetil-salicílico; tomates; cáscara de plátano; poscosecha.

Application of an Edible Coating based on the Banana Peel (*Muse paradisiaca*) and Salicylic Acid in the Tomato (*Solanum lycopersicum*)

Abstract

The objective of the work was to determine the effect of an edible coating based on banana peel and salicylic acid in tomatoes. The pH, soluble solids, deterioration index, texture, color and acidity titillable was determined as an experimental model to evaluate the effect of the edible film on tomatoes in 16 days of storage at room temperature. The analyzes showed that titratable acidity, soluble solids and pH not varied in tomatoes in relation to the concentrations of salicylic acid and banana peel, while, in texture, the tomato with a higher percentage of coating had greater penetration strength than Other treatments It is concluded that tomatoes being a climacteric fruit, need a treatment to prolong their shelf life, making the coating based on banana peel and salicylic acid is a good alternative for conservation.

Keywords: edible coatings; edible coatings; acetylsalicylic acid; tomatoes; banana peel; postharvest.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe mucho interés por el desarrollo de polímeros biodegradables obtenidos de recursos naturales renovables, debido a que la mayoría de los polímeros sintéticos tradicionales son inertes al ataque microbiano (Villada et al. 2012). Es así, como en los últimos años se ha incrementado el uso de diferentes recubrimientos comestibles, como alternativa de envasado natural, convirtiéndose en una técnica innovadora para la conservación de la calidad de los alimentos, en especial de productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, los cuales, presentan un deterioro progresivo tras la cosecha debido a fenómenos fisiológicos como transpiración y respiración, que conllevan daños en la calidad de los mismos (Navarro, 2007).

Los recubrimientos comestibles son una fina capa de material comestible, aplicada en la superficie de un alimento como cubierta para extender la vida útil de alimentos frescos (Aguirre, 2015). De este modo, el mecanismo de acción de los recubrimientos comestibles busca constituir una barrera semipermeable al vapor de agua, al oxígeno y al dióxido de carbono, retrasando el deterioro y manteniendo la calidad de los alimentos (Parshad y Kalia, 2015).

Hoy en día los recubrimientos comestibles son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente ya que reduce la utilización del envasado tradicional como films plásticos. Además, son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, que pueden ser obtenidos a partir de los subproductos de las industrias agroindustriales (Elsabee y Abdou, 2013). Así mismo son envases activos cuando se incorporan en su matriz polimérica aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Begoña et al. 2015).

El principal subproducto del procesamiento industrial del plátano es la cáscara, la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto (González et al. 2010). Sin embargo, es un material que se utiliza básicamente para la alimentación animal o en muchos casos no se utiliza, produciendo contaminación ambiental, a más de, ser rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (Emaga et al. 2007). Además, se considera que puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas (Saif y Hashinada, 2005).

El ácido salicílico (AS) es un compuesto natural y fenólico que exhibe un alto potencial para controlar pérdidas postcosecha en cultivos (Asghari y Soleimani, 2010). Previos estudios revelan que el A.S. mantiene la firmeza del kiwi y bananas durante su almacenamiento almacenados a 20 °C. A pesar que también ya existen estudios sobre la elaboración y caracterización de películas comestibles a base de cáscara de plátano y AS (Anchundia et al. 2016), no se ha realizado la aplicación de estas películas comestibles en vegetales esto como una posible alternativa para mejorar la propiedad físico-mecánicas durante el almacenamiento (Anchundia et al. 2016).

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un producto perecedero que requiere tratamientos para prolongar la vida útil, como por ejemplo el uso de recubrimientos comestibles, tiene una vida útil de 15 días por ser tejido vivo luego de la cosecha cuyo contenido de agua (94%) hace que transpire y genere pérdidas por deshidratación lo que causa flacidez, ablandamiento y pérdida de turgencia (Barco et al. 2011). Se caracteriza por su sabor y gran contenido de vitaminas C, A y del grupo B que desarrollan funciones antioxidantes (Amaya et al. 2010). Es un fruto climatérico susceptible a la acción mecánica y a la indebida manipulación, disminuyendo su vida útil, calidad y valor comercial, dado que al madurar pierde firmeza con rapidez y ocurren modificaciones organolépticas (Amaya et al. 2010). La temperatura recomendada para el almacenamiento del fruto maduro es de 10 °C. Temperaturas por debajo de 10 °C pueden causar daño por frío. En tomate verde la temperatura recomendada es de 12 °C, bajo estas condiciones la maduración es lenta y el periodo de conservación es de 4 a 6 semanas. Si es almacenado a temperatura ambiente, el deterioro es proporcional al tiempo expuesto a las altas temperaturas. Se recomienda una humedad relativa entre el 90 y el 95% (Pérez, 2004).

Según Hazera Genetics (2013) el tomate híbrido Daniela mejorado es la primera variedad de tomate indeterminado de larga vida, con excelente rendimiento y extremadamente adaptable a diferentes condiciones de cultivo, el cual contiene una madurez relativa- tardía.

Las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecibles porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades, las pérdidas postcosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, después durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto. (FAO, 2015).

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar el efecto de un recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico sobre las propiedades físicas y mecánicas en el tomate como una posible alternativa para su conservación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) fue recolectada en una empresa procesadora de chifles en la ciudad de Manta, de la variedad maqueño. Se realizó un examen visual para desechar producto en mal estado ya que la calidad de las cáscaras es fundamental para la elaboración de las películas (Anchundia et al. 2016).

Posteriormente las cáscaras de plátano fueron lavadas con agua potable para retirar restos de suciedad y desinfectadas con una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 2% (p/p) para luego ser sumergidas por 5 minutos en solución de ácido cítrico al 1% (p/p) con el fin de evitar el pardeamiento enzimático de las cáscaras de plátano durante el secado posterior. Finalmente se realizó el secado de las cáscaras en una estufa a 60 °C por 24 horas, seguida de molienda (molino Corona, México) y tamizado (serie de tamices ASTM de 80, 100 y 200 micras) hasta llegar a un tamaño de partícula menor a 200 micrómetros (Anchundia et al. 2016).

El tomate, fue obtenido de una parcela en la ciudad de 24 de mayo, para la aplicación del mismo fueron sumergidos en sus respectivas soluciones de recubrimiento (Tabla 1), durante 5 segundos con intervalos de 1 minuto para una total homogenización, operación por la cual se realizó por triplicado. Seguidamente el tomate fue almacenado a temperatura ambiente (25°C ± 1°C) en bandejas de aluminio.

Preparación de la solución formadora de película

La solución formadora de película (SFP) se elaboró mediante la disolución de harina de cáscara de plátano en agua destilada con calentamiento hasta 90 °C y agitación constante. Una vez alcanzada esta temperatura se adicionó el ácido acetilsalicílico manteniendo la temperatura durante 5 minutos. Finalmente se dejó enfriar la solución hasta 50 °C. Las muestras obtenidas fueron homogenizadas en ultraturrax (Polytron, Suiza) a 11.000 rpm por 4 minutos (Anchundia et al. 2016).

Aplicación del recubrimiento

Las muestras de tomates se analizaron cada 4 días durante 16 días de almacenamiento a temperatura ambiente (Amaya et al. 2010).

Tabla 1. Formulación de las soluciones para el recubrimiento en los tomates.

| Tratamientos | Composición |
|--------------|---|
| Control | Tomate sin recubrimiento comestible |
| T1 | Cáscara de plátano 0,5% + Ácido salicílico 2,25mmol/L |
| T2 | Cáscara de plátano 0,5% + Ácido salicílico 2,5mmol/L |
| T3 | Cáscara de plátano 0,5% + Ácido salicílico 2,75mmol/L |
| T4 | Cáscara de plátano 1,5% + Ácido salicílico 2,25mmol/L |
| T5 | Cáscara de plátano 1,5% + Ácido salicílico 2,5mmol/L |
| T6 | Cáscara de plátano 1,5% + Ácido salicílico 2,75mmol/L |
| T7 | Cáscara de plátano 2,5% + Ácido salicílico 2,25mmol/L |
| T8 | Cáscara de plátano 2,5% + Ácido salicílico 2,5mmol/L |
| T9 | Cáscara de plátano 2,5% + Ácido salicílico 2,75mmol/L |

Propiedades físicas-mecánicas del tomate con un recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico

Las propiedades físicas-mecánicas evaluadas fueron sólidos solubles, acidez titulable, pH, pérdida de peso, índice de deterioro, textura y color.

Acidez titulable: Se pesó 20g de tomate y se extrajo el líquido el cual fue titulado con hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1% y fenolftaleína, mediante una bureta manual con soporte universal.

Sólidos solubles totales: Se pesó 5g de tomate y se extrajo el jugo el cual fue homogenizado y medido mediante el uso de un refractómetro ATAGO ATC-1 (0-32°bx a 18°C).

pH: El tomate fue triturado, posteriormente el líquido del tomate fue colocado en un vaso de precipitación con 100 ml del jugo, para luego medir el pH, mediante un pH metro HANNA HI 8314 previamente calibrado.

Pérdida de peso: Se evaluó por el método gravímetro, utilizando una balanza analítica ADAM con precisión de 0,1 mg.

Textura: Los análisis se efectuaron mediante un texturómetro (Shimadzu, Japón). Se utilizó una sonda de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud. La sonda se introdujo en los tomates a una profundidad de 15 mm con velocidad de 10 mm/s. Se reportó la fuerza máxima resultante de tres mediciones realizadas.

Índice de deterioro: Se evaluó en los días 0, 4, 8, 12 y 16 de almacenamiento para detectar signos de deterioro utilizando una escala hedónica, donde 1 = ningún, corresponde a que no hubo indicios de deterioro, 2 = presencia, 3 = ligeramente, 4 = moderada, 5 = grave y 6 = muy grave. Los resultados se expresaron como el Índice de Deterioro (ID), usando la ecuación. $ID = (1 \cdot n + 2 \cdot n + 3 \cdot n + 4 \cdot n + 5 \cdot n) / N$ donde n: es el número de muestras clasificadas en cualquier nivel de la escala hedónica y N: es el número total de muestras analizadas, para cada día de muestreo.

Color: El color de la superficie de los tomates, se midió utilizando un colorímetro marca Kónica Minolta (Japan) conjuntamente con una escala L*, a*, b*. éste se calibró en una superficie blanca, 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.

Diseño experimental: Los resultados fueron analizados por medio de ANOVA y un test de DUNNETT, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics Visor (Amaya et al. 2010).

RESULTADOS

Acidez titulable

Para la variedad de tomate estudiada, el análisis estadístico de los datos de acidez, no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) en el porcentaje de acidez de los tomates de control y tratamientos (Figura 1). A partir del día 4 los porcentajes de acidez presentaron menores valores, manteniendo el tratamiento T6 el porcentaje de acidez más altos a los 16 días de almacenamiento. La muestra del T1 presentó el menor porcentaje de acidez con un valor del 14,92% menos que el valor inicial, el control al no tener un recubrimiento tuvo un valor del 25,80% a los 16 días de almacenamiento. Este resultado se debe probablemente a la temperatura de almacenamiento y la tasa de respiración del tomate (Orrego, 2001). El comportamiento es similar para frutos de uvilla (*Physalis mínima L.*), en el cual, la acidez titulable presentó valores de 0,46, 0,51 y 0,47% de ácido cítrico en sus etapas de verde, premaduro y maduro, respectivamente. Resultados similares fueron observados en mango por Quintero et al. (2013), quienes reportaron un contenido de 1,3% de ácido cítrico en el momento de corte y de 0,3% después de nueve días de maduración a 25 °C.

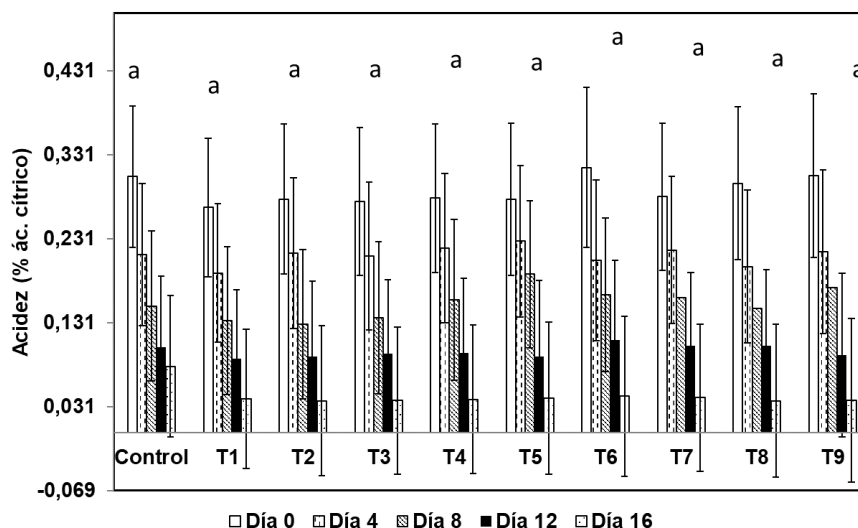


Fig. 1: Acidez titulable en tomates recubiertos con una película comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico.

Sólidos solubles totales

En el contenido de sólidos solubles totales (SST) no presentó una variación significativa entre la muestra control y los tratamientos durante los 16 días de almacenamiento. Se observa un crecimiento de °brix a lo largo del almacenamiento (Figura 2). A los 16 días de almacenamiento la muestra del T1 fue la que mejor comportamiento tuvo, presentando un contenido de SST más bajo que los demás con un valor del 10,63%, manteniendo una tendencia, la muestra control, al no tener un recubrimiento, tuvo un aumento del 10,88%, esto indica que, el recubrimiento aplicado en las muestras ayuda a retardar el crecimiento de SST. Según Bueno et al (2005) expresa que, un descenso de sólidos solubles encontrado en las piñas y magos mínimamente procesados, es debido al proceso de respiratorio que implica un mayor consumo de sustrato

orgánico, es decir, azúcares. Los resultados fueron congruentes con la variabilidad natural de la especie y cercanos a los reportados para la variedad “CHF1- Chapingo”, la cual tiene valores entre 6,1 y 5,25 que corresponden al momento de corte y después de veinticinco días de almacenamiento a 20 °C (Cruz-Álvarez et al., 2012).

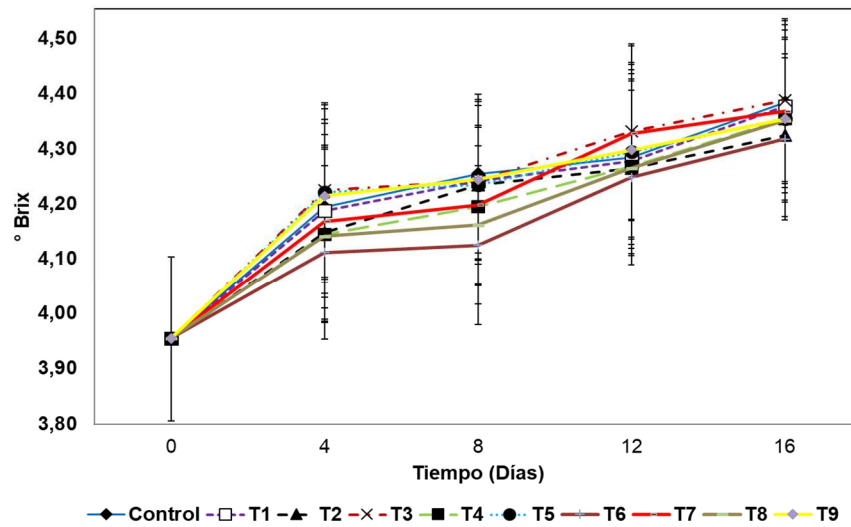


Fig. 2: Grados Brix en tomates recubiertos con una película a base de cáscara de plátano y ácido salicílico.

pH

En cuanto al pH evaluado no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$), (Figura 4). El modelo de evolución de los tomates fue similar para todos los tratamientos con recubrimientos, la muestra control tuvo un crecimiento del 34,21% a los 16 días de almacenamiento, mientras que el T9 (tratamiento que mejor se comportó) tuvo un crecimiento del 27,5%, a los 16 días de almacenamiento. Los valores de pH reportados por Brito et al. (2008), en la caracterización de tomate de árbol fueron de 3,8 y 3,5 para la variedad amarillo gigante. Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, por lo cual los frutos aún pueden ser comercializados según esta variable. Los datos encontrados fueron similares a los reportados por Jiménez-Santana et al. (2012), quienes señalaron un rango de 3,51 a 4,51, en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*) variedad diploide “Rendidora”. Esta misma tendencia ha sido encontrada en jitomate (Juárez-López et al., 2009), en *Physalis peruviana* L. (Lanchero et al., 2007). Estos resultados son similares a los presentados en estudios realizados por Mulkay et al. (2004) y por Bósquez (2003) quienes señalan que factores como los sólidos solubles, acidez titulable y pH, no son afectados por la mayoría de los recubrimientos comestibles que se han investigado.

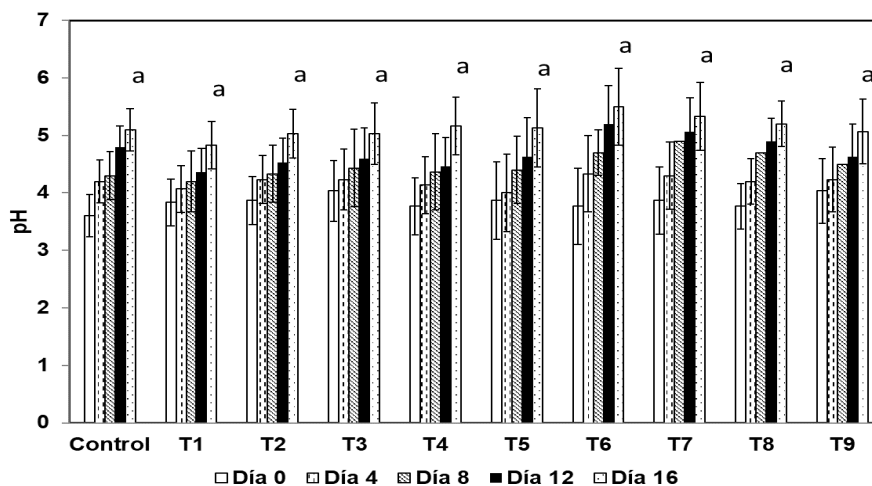


Fig. 4: Tabla de pH, en tomates (*Solanum lycopersicum*) con recubrimiento (CR) y sin recubrimiento (SC). A=Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

Pérdida de peso

En la pérdida de peso hubo variación significativa ($P > 0,05$) en el tomate control a diferencia con los tomates con recubrimientos (figura 3). El tratamiento que mejor se comportó fue el T9 el cual presentó la menor cantidad de pérdida de peso posible con un valor de 2.35% a diferencia del tomate control que tuvo un valor decreciente del 11.43%; con ello se demuestra que el recubrimiento a base de cáscara de plátano y ácido salicílico crea una barrera protectora para la pérdida de agua, evitando así la degradación del tomate. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Heredia et al. (1999) y Báez-Sañudo et al. (2002), quienes encontraron que el uso de recubrimientos de ceras reduce la pérdida de peso en tomates de árbol. Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas con almidón, que presentaron pérdidas de peso de 4,40 y 3,88% en papaya y 5% en tomate de mesa con recubrimiento a base de quitosano al 0,6% y 5,01%. Márquez et al. (2009).

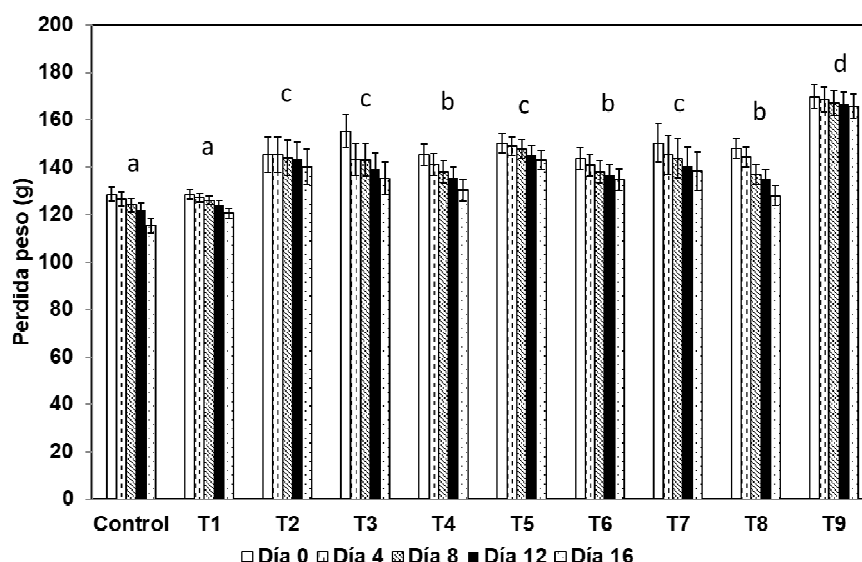


Fig. 3: Pérdida de peso en tomates con recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico. A, B, C, D, E = Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$).

Textura

En cuanto a la textura se observa una diferencia significativa ($p > 0,05$) en los tomates control y tratamientos (Figura 5). A partir del día 4, se observa la pérdida de firmeza, al día 8 los tratamientos continúan en descenso a excepción del T8 manteniendo un valor de 3,44 N, conservando esta misma tendencia hasta el día 16, los resultados para este día estuvieron entre 3,19 N a 4,28 N. El tratamiento que mostró mayor firmeza fue el T8 estadísticamente.

Se observa el efecto significativo en tomates recubiertos con cáscara de plátano y ácido salicílico durante los 16 días de almacenamiento a temperatura ambiente. El decrecimiento más notable fue la muestra control, que pasó de 4,35 N en el día cero a 3.19 N para el día 16. Pero el T2 mostró un decrecimiento menor que los demás tratamientos. En otros estudios sobre la aplicación de recubrimientos comestibles a naranjas y mandarinas almacenadas durante 60 y 30 días a 5°C más 7 días a 20°C, respectivamente, Valencia (2009), utilizó recubrimientos a base de lípidos y encontró de igual manera que la firmeza de los frutos es significativamente diferente entre los recubiertos y sin recubrir.

Por otra parte, Aguilar (2005), obtuvo una diferencia en aguacates tratados con recubrimiento a base de gelatina y almidón con valores de 0,8 N en los frutos recubiertos y 0,3 N en los sin recubrir; esto indica que en la conservación de la firmeza en los frutos tratados con recubrimientos comestible existen factores como el tipo de fruto de recubrimiento que afectan este parámetro.

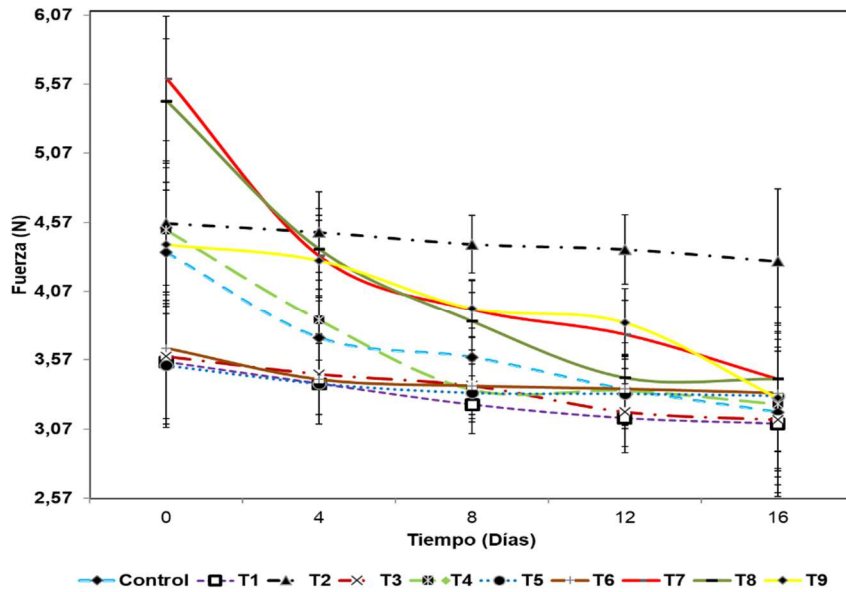


Fig. 5: Tabla de firmeza (N) para tomates (*Solanum lycopersicum*) con recubrimientos (CR) y el tomate testigo sin recubrimiento (SR).

Índice de deterioro

Se observa el índice de deterioro entre los tratamientos y el control durante los 16 días de almacenamiento (Figura 6). La muestra control, demostró señales de deterioro a partir del día 4 de almacenamiento, aumentando hasta llegar al día 16, los demás tratamientos presentaron un deterioro menos considerable, siendo el T9 el que menor porcentaje de deterioro presentó, conservando de mejor manera el tomate con el recubrimiento durante los 16 días de almacenamiento. Mientras el T1 presentó una tasa mayor en comparación con T2, T3 Y T4. En el estudio realizado por Amaya et al. (2010) en frutos con distintos recubrimientos, el índice de deterioro fue menor en relación a la muestra control, esto debido a la acción eficaz del recubrimiento.

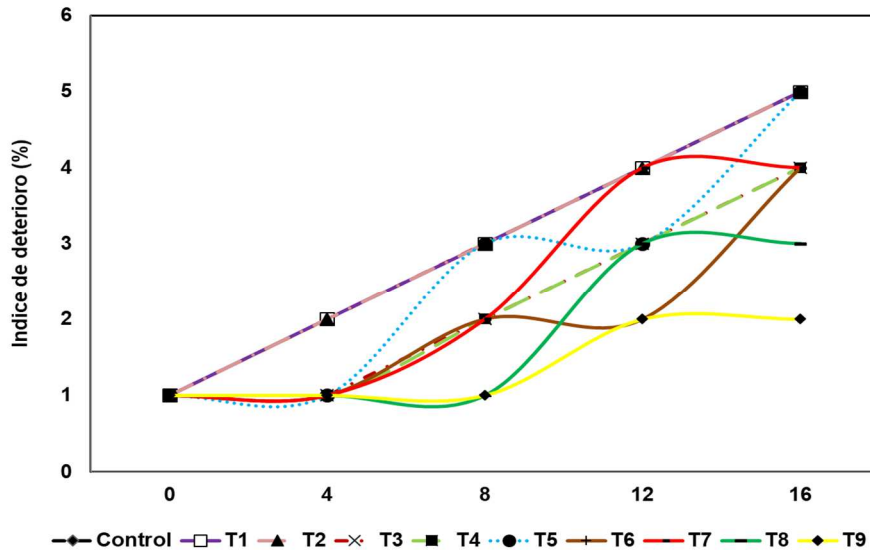


Fig. 6: Tabla de índice de deterioro en tomates (*Solanum lycopersicum*) almacenados durante 16 días a temperatura ambiente.

Color

Los resultados de la medición de color en los tomates durante el almacenamiento a través de las coordenadas L^* , a^* y b^* según la escala CIELAB (Tabla 2). Existió diferencias significativas para los valores de L^* , a^* y b^* entre la muestra control y los tratamientos. El valor de L^* del T9, luego de 16 días de almacenamiento, incrementó estadísticamente en un 12.27%, tornándose más brillante a lo largo del almacenamiento. En los valores de a^* no presentó diferencias, ya que el tomate mostró un color rojo y b^* tampoco existió diferencia

significativa, entre todo el tratamiento ya que los tomates mostraron un tono amarillo, concordando con la escala de cromaticidad.

Los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos como el almidón son una buena barrera para los gases (Dussán et al., 2014), la utilización de película comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico logra un retraso efectivo en el pardeamiento.

Tabla 2. Cambios en los valores de coordenadas (L*), (a*) y (b*) en tomates Daniela mejorado con recubrimiento de cáscara de plátano y ácido salicílico, almacenados durante 16 días a temperatura ambiente.

| Días | Días | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| | 0 | | | 4 | | | 8 | | | 12 | | | 16 | | |
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| Control | 32,35 ^B | 13,05 ^{A,B} | 14,24 ^A | 35,43 ^A | 13,69 ^A | 10,93 ^A | 36,17 ^A | 9,97 ^A | 13,96 ^A | 35,59 ^{A,B} | 11,69 ^A | 11,86 ^A | 35,26 ^{A,B,C} | 9,97 ^A | 12,51 ^A |
| T1 | 31,23 ^{A,B} | 13,67 ^{A,B} | 13,91 ^A | 34,84 ^A | 12,54 ^A | 12,74 ^A | 35,24 ^A | 10,22 ^A | 13,73 ^A | 34,15 ^{A,B} | 9,57 ^A | 12,10 ^A | 34,73 ^{A,B} | 11,49 ^A | 12,74 ^A |
| T2 | 32,88 ^{A,B} | 10,36 ^A | 13,67 ^A | 34,49 ^A | 12,84 ^A | 13,64 ^A | 35,53 ^A | 10,22 ^A | 13,28 ^A | 34,49 ^{A,B} | 10,32 ^A | 13,67 ^A | 34,24 ^A | 12,17 ^A | 12,29 ^A |
| T3 | 35,63 ^{B,C} | 12,86 ^{A,B} | 13,29 ^A | 33,51 ^A | 12,06 ^A | 13,97 ^A | 35,63 ^A | 11,30 ^A | 13,56 ^A | 32,79 ^A | 10,51 ^A | 12,52 ^A | 36,08 ^{A,B,C} | 11,32 ^A | 11,74 ^A |
| T4 | 37,27 ^C | 13,52 ^{A,B} | 14,28 ^A | 35,14 ^A | 11,15 ^A | 12,88 ^A | 37,87 ^A | 12,97 ^A | 12,96 ^A | 35,69 ^{A,B} | 10,37 ^A | 14,50 ^A | 37,92 ^{A,B,C} | 13,12 ^A | 13,71 ^A |
| T5 | 36,09 ^{C,B} | 10,18 ^A | 12,95 ^A | 34,70 ^A | 12,41 ^A | 12,73 ^A | 35,74 ^A | 13,54 ^A | 13,01 ^A | 35,44 ^{A,B} | 11,55 ^A | 13,38 ^A | 35,94 ^{A,B,C} | 12,41 ^A | 12,67 ^A |
| T6 | 34,54 ^{A,B,C} | 11,95 ^{A,B} | 14,46 ^A | 36,51 ^A | 13,51 ^A | 11,89 ^A | 36,53 ^A | 12,88 ^A | 13,05 ^A | 35,64 ^{A,B} | 12,85 ^A | 12,65 ^A | 38,24 ^{B,C} | 12,21 ^A | 14,54 ^A |
| T7 | 36,35 ^{C,B} | 12,48 ^{A,B} | 13,10 ^A | 36,44 ^A | 12,62 ^A | 13,74 ^A | 38,78 ^A | 12,66 ^A | 12,84 ^A | 38,38 ^B | 11,53 ^A | 13,35 ^A | 38,34 ^{B,C} | 15,67 ^A | 11,94 ^A |
| T8 | 35,46 ^{C,B} | 12,74 ^{A,B} | 14,82 ^A | 36,28 ^A | 11,27 ^A | 11,35 ^A | 37,04 ^A | 14,07 ^A | 13,54 ^A | 35,96 ^{A,B} | 11,09 ^A | 14,52 ^A | 35,84 ^{A,B,C} | 13,77 ^A | 14,16 ^A |
| T9 | 34,62 ^{A,B,C} | 14,40 ^B | 12,99 ^A | 37,10 ^A | 11,76 ^A | 14,05 ^A | 35,58 ^A | 14,24 ^A | 14,31 ^A | 37,74 ^{A,B} | 12,43 ^A | 14,42 ^A | 38,87 ^C | 12,21 ^A | 11,83 ^A |

Tabla 3. Ponderación de los análisis físicos del recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico en tomates.

| Tratamientos | Perdida Peso | Textura | Índice Deterioro | Color | Acidez Titulable | Ph | Sólidos Solubles | Total |
|----------------|--------------|---------|------------------|-------|------------------|----|------------------|-------|
| Control | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 1 | 7 |
| T1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 6 |
| T2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 6 |
| T3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| T4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| T5 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| T6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| T7 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| T8 | 0 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 21 |
| T9 | 7 | 0 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 22 |

CONCLUSIONES

El recubrimiento comestible a base de cáscara de plátano y ácido salicílico reflejó ser una buena alternativa para la conservación del tomate (*Solanum lycopersicum*) las cuales se ven reflejadas en la apariencia como una reducción de peso y mejor color, aunque tuvo un incremento leve de grados brix y una disminución en su acidez, la cual no interfirió para que éste se dañe; la mezcla de cáscara de plátano y ácido salicílico muestra mejores características físicas en comparación con el control de acuerdo a la tabla de ponderación, que indica que el mejor tratamiento para esta investigación fue el T9 que contenía 2,5 g Cáscara de plátano y 2,75 g/mol Ácido acetil-salicílico. Así mismo, se comprobó que el recubrimiento no genera modificaciones en las propiedades del tomate, además, la película comestible brindó que el fruto tuviera un incremento de brillo en su epidermis, una mejor textura con respecto al tomate control. Por lo tanto, la aplicación del recubrimiento a base de cáscara de plátano y ácido salicílico en el tomate es viable y debe ser estudiada con mayor profundidad en futuras tendencias.

REFERENCIAS

- Aguirre, E. *Aplicación de revestimientos comestible en papaya (Carica papaya) mínimamente procesada*. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 16-21 (2015).
- Aguilar, M. *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate*. (Maestro en Tecnología Avanzada). Instituto Politécnico Nacional, México D.F.; México (2005).
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., & Villada, D. *Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate*. *Scielo.org.co*(162), 68 (2010).
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. *Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca)*. *Chil Nutr*, 43(4), 395-396 (2016).
- Asghari, M., & Soleimani, M. *Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops*. *Trends Food Sci Technol*, 21, 502-9 (2010).
- Báez-Sañudo, R., Saucedo, C., Pérez, B., Bringas, E. y Mendoza, A. *Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente sobre la conservación de melón reticulado*. *Fitotecnia Mexicana*. 25(4):375 – 379 (2002).
- Barco, P., Burbano, A., & Mosquera, S. *Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate*. *Scielo.org.co*, 8(2), 1-3 (2011).
- Begoña, D., Peña, G., & Sánchez, C. *Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 8-17 (2015).
- Brito, B; Espin, S; Villant, F; Torres, N; Sañaicela, D. *Tomate de árbol. Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips*. (Plegable N. 293). Quito, Ecuador: INIAP (Departamento de Nutrición y Calidad), FONTAGRO. (2008).
- Bósquez, E. *Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con gomas de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (citrus latifolia tanaka)*. Tesis doctoral en ciencias biológicas, Dpto Ciencias Biológicas y de la salud, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. (2003).
- Bueno, S., Boas, J., Elisabeth, E., Pinheiro T. *Da qualidade do abacaxi "pérola" minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada*. *Ciencia e Agro tecnologia*, 29, 353–361 (2005).
- Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, M., Santacruz, S., & Ziani, K. *Aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera sobre papaya (Carica papaya L. cv. "Maradol") cortada*. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*(22), 05-12 (2014).
- Cruz-Álvarez, O., M.T. Martínez-Damián, J.E. Rodríguez-Pérez, M.T. Colinas-León, y E. del C. Moreno-Pérez. *Conservación poscosecha de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.) con y sin cáliz*. *Rev. Chapingo Ser. Hortic*. 18:333-344. (2012).
- Dussán, S., Torres, C., Hleap, J. *Effect of Edible Coating and Different Packaging during Cold Storage of Fresh-cut Mango*. *Información Tecnológica*, 25, 123-130 (2014).
- Elsabee, M., Abdou, E. *Chitosan based edible films and coatings*. *Materials Science and Engineering*, 1819-1841 (2013).
- Emaga, T., Andrianaivo, R., Whatelet, B., Techango, J., & Paquot, M. *Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peel*. *Food Chem*, 6(8), 590-600. Obtenido de *Food Chem* (2007).
- FAO. *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas* (Vol. 7). (I. o.-h.-A. Manual, Trad.) Santiago, Chile: Regional Office for Asia and the Pacific (2015).
- González - Montelongo, R., Lobo, G., & González, M. *Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds*. *Food Chem*, 119(3), 1030-9 (2010).
- Heredia, J., Contreras, L. y Siller, J. *Efectos del uso de ceras comestibles sobre la maduración poscosecha en papaya cv. Maradol*. p216. En: VIII Congreso de Horticultura, Manzanillo, Colima. México (1999).
- Jiménez-Santana, E., V. Robledo-Torres, A. Benavides- Mendoza, F. Ramírez-Godina, H Ramírez-Rodríguez, y E. de la Cruz-Lázaro. *Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.)*. *Universidad y Ciencia* 28(2):153-161. (2012).
- Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D.W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. *Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (Lycopersicon esculentum var. cerasiforme)*. *Rev. Chapingo Ser. Hortic*. 15(esp):5-9. (2009).
- Lanchero, O., Velandia, G. Fischer, Varela, y García, H. *Comportamiento de la uchuva (Physalis peruviana L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa*. *Rev. Corpoica* 8(1):61-68. (2007).
- Márquez, carlos; cartagena, josé y pérez, maría. *Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (eriobotrya japonica t.)* En: revista vitae. Vol. 16, no. 3. P. 304-310 (2009).

- Mulkay t., cáceres, j., rod ríguez, a. Y paumier. *Manejo de la maduración en frutos de papaya (Carica papaya L.) cv Maradol*. Revista CitriFrut. 21:9 - 13. (2004).
- Navarro, M. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. *Tesis Doctoral, Dpt. Tecnología de Alimentos, Universidad Polit cnica De Valencia*, 5. (2007).
- Orrego, C. *Calor de respiración de frutas y vegetales*. Revista Departamento de Ciencias. Universidad de Manizales 141-148. (2001)
- Parshad, V., & Kalia, A. *Novel trend store volutionize preservation and packaging of fruits/fruit products: microbiological and naotechnological perspectives*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 4(5), 159-182 (2015).
- Pérez, B. *Aplicación de cera comestible en mango. Parte II: estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial*. Rev. Iber. Tecn. Postcosecha, 6(1), 24-33 (2004).
- Quintero, C., Giraldo, G., Lucas, J., & vasco, J. *Caracterización fisicoquímica del mango común (Mangifera indica L.) durante su proceso de maduración*. Biotecnol Sector Agropec Agroind, 11(1), 10-18. (2013).
- Saif, F., & Hashinada, M. *Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (Musa, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel*. Faculty of Agriculture. Am J Biochem Biotechnol, 1(3), 126-32 (2005).
- Torres, R., E.J. Montes, O. Pérez, y R.D. Andrade. *Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales*. Inf. Tecnol. 24(3):51-56. (2013).
- Valencia, S. *Development of edible composite coatings with antigungal activity on citrus fruit*. (Disertación doctoral). Universidad Polit cnica de Valencia, Valencia, España (2009).
- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. *Caracterización morfológica de películas biodegradables a partir de almidón modificado de yuca, agente antimicrobiano y plastificante*. Revista de biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 3(2), 152-159 (2012).