



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

**POSTGRADO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA
SUSTENTABLE**

**Efecto de Recubrimientos Comestibles sobre la Calidad
Postcosecha del Chayote Fresco**

ERIKA MARÍA CORTÉS HUERTA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

2018

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS
REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Erika María Cortés Huerta, Alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del profesor(a) Dra. Adriana Contreras Oliva, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad postcosecha del chayote fresco.

Y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Profesor Consejera o Directora de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Amatlán de los Reyes, Veracruz a 11 de mayo de 2018.




Erika María Cortés Huerta
Firma





Dra. Adriana Contreras Oliva
Vo. Bo. del Profesor Consejero o Director de Tesis


La presente tesis, titulada: **Efecto de Recubrimientos Comestibles sobre la Calidad Postcosecha del Chayote Fresco**, realizada por el alumno: **Erika María Cortés Huerta**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

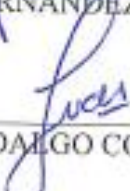
MAESTRA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA: 
DRA. ADRIANA CONTRERAS OLIVA

ASESORA: 
DRA. ALEIDA SELENE HERNÁNDEZ CÁZARES

ASESOR: 
DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR

ASESOR: 
DR. FRANCISCO HERNÁNDEZ ROSAS

ASESOR: 
DR. JUAN VALENTE HIDALGO CONTRERAS

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, 2018.

Efecto de Recubrimientos Comestibles sobre la Calidad Postcosecha del Chayote Fresco

Cortés-Huerta Erika Ma.

EFEECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD

POSTCOSECHA DEL CHAYOTE FRESCO

Erika María Cortés Huerta, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

México es considerado como país líder en la exportación mundial de chayote seguido de Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos de América, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia (SNICS, 2015). A nivel nacional, Veracruz (156,519.53 t) es el estado con mayor producción anual, siendo Coscomatepec (44,999.50 t), Ixtaczoquitlán (34,800.00 t), Actopan (24,850.00 t) e Ixhuatlán del Café (11,250.00 t) los municipios más productivos. La presente investigación se llevó a cabo con la finalidad de medir los efectos de diferentes recubrimientos comestibles (RC) sobre la calidad postcosecha del chayote (*Sechium edule*) para prolongar la vida útil del chayote. Los frutos fueron evaluados durante almacenamiento a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C más 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización, los análisis realizados fueron tasa de respiración (CO₂), pH, acidez, color, textura, pérdida de peso y evaluación sensorial. Todos los recubrimientos estabilizaron las propiedades fisicoquímicas evaluadas durante el periodo de estudio, pero el tratamiento cera de abeja (CA)-goma laca (GL)_3:1 al 4% contenido de sólidos (CS) fue el que mantuvo y controló el proceso de senescencia en los frutos de chayote durante el periodo evaluado. Sin embargo, para la evaluación sensorial se observó que los recubrimientos que estabilizaron la apariencia visual, la intensidad de verde, hidratación y textura visual, fueron los recubrimientos CA-GL_1:3 al 2% CS y CA-GL_3:1 al 2% CS. En general, la aplicación de RC estabilizó la vida útil de los frutos de chayote. Se recomienda que en investigaciones futuras se deben centrar en

modificar los recubrimientos a base de CA-GL con la finalidad de mejorar los aspectos físico-químicos.

Palabras clave: Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), cera de abeja, goma laca, propiedades fisicoquímicas, evaluación sensorial.

EFFECT OF EDIBLE COATINGS ON THE POSTHARVEST QUALITY OF FRESH CHAYOTE

Erika María Cortés Huerta, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Mexico, United States of America, Algeria, India, New Zealand and Australia (SNICS, 2015). At the national level, Veracruz (156,519.53 t) is the state with the highest annual production, being Coscomatepec (44,999.50 t), Ixtaczoquitlán (34,800.00 t), Actopan (24,850.00 t) and Ixhuatlán del Café (11,250.00 t) the most productive municipalities. The present investigation was carried out with the purpose of measuring the effects of different edible coatings (RC) on the postharvest quality of the chayote (*Sechium edule*) to prolong the useful life of the chayote. The fruits were evaluated during storage at 0, 8, 16, 24 and 32 days at 7 °C plus 5 days at 20 °C to simulate the commercialization period, the analyzes performed were respiration rate (CO₂), pH, acidity, color, texture, weight loss and sensory evaluation. All the coatings stabilized the physicochemical properties evaluated during the study period, but the treatment beewax (CA)-shellac (GL)_3: 1 to 4% solid content (CS) was the one that maintained and controlled the process of senescence in the fruits of chayote during the evaluated period. However, for the sensory evaluation it was observed that the coatings that stabilized the visual appearance, the intensity of green, hydration and visual texture, were the coatings CA-GL_1: 3 to 2% CS and CA-GL_3: 1 to 2% CS. In general, the application of RC stabilized the shelf life of chayote fruits. It is recommended that future research focus on modifying coatings based on CA-GL in order to improve physical-chemical aspects.

Keywords: Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), beeswax, shellac, physicochemical properties, sensory evaluation.

DEDICATORIA

A dios: “A veces creemos que lo que hemos logrado es una gota en el océano, pero sin ella, el océano estaría incompleto”

(Madre Teresa de Calcuta).

A mis padres: “Catalina y Miguel por todo el esfuerzo brindado. Para los hijos, los padres no han menester otro libro que la virtud puesta en las obras y es predicar a lo vivo”

(Santa Teresa de Calcuta).

A mis hermanos (a): Sandra, Miguel, J. Carlos, Eduardo y a mi sobrinito Cristian por todo su apoyo a lo largo de este camino, por estar siempre a mi lado. “Que mis ojos sonrían diariamente por el cuidado y compañerismo de mi familia y que mi corazón sonría diariamente por las alegrías y dolores que compartimos”

(Santa Teresa de Calcuta).

A mis amigas: Stefany y Mayra, quienes fueron personas importantes a lo largo de mi formación académica. “Continua a pesar de que todos esperan que abandones, no dejes que se oxide el

hierro que hay en ti”

(Madre Teresa de Calcuta).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento que me otorgo para continuar con mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, por permitir realizar mi investigación en sus instalaciones y por el financiamiento de este proyecto. También le agradezco el apoyo de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social, del programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

A mi consejera la Dra. Adriana Contreras Oliva, por darme la oportunidad de aprender a su lado, por confiar en mí, por su paciencia, por su amistad y por guiarme en este camino.

A los miembros de mi Consejo Particular a la Dra. Aleida, al Dr. Andrés, al Dr. Francisco y al Dr. Valente por formar parte de mi equipo de trabajo y por sus pertinentes observaciones.

CONTENIDO	
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema	4
2. Objetivos	5
2.1. Objetivo General	5
2.2. Objetivos específicos:	5
3. Hipótesis	6
4. Referencias	7
CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA	8
1.1. Chayote (<i>Sechium edule</i>)	9
1.2. Morfología y generalidades	10
1.3. Taxonomía del chayote	10
1.4. Insectos y plagas del chayote	11
1.5. Requerimientos de cultivo	12
1.6. Cosecha	12
1.7. Problemática del chayote en postcosecha	13
1.8. Tecnologías Postcosecha	14
1.9. Principales países productores de chayote (<i>Sechium edule</i>)	17
1.10. Valor nutritivo y usos	19
1.11. Recubrimientos Comestibles	20
1.12. Aplicación de los recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas	27
1.13. Literatura citada	29
CAPÍTULO II. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CHAYOTE FRESCO	33
RESUMEN	35
ABSTRACT	35
Introducción	36
Materiales y métodos	38
Resultados y discusión	41
Conclusiones	46
Referencias	47
CAPÍTULO III. ESTABILIDAD SENSORIAL EN FRUTOS DE CHAYOTE RECUBIERTOS A BASE DE CERA DE ABEJA-GOMA LACA	57
RESUMEN	58

ABSTRACT 59

Introducción..... 59

Materiales y métodos..... 62

Resultados y discusión..... 67

Conclusiones 77

Referencias 78

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES..... 82

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del chayote (<i>Sechium edule</i>).....	11
Cuadro 2. Insectos, hongos y plagas que dañan al chayote.	11
Cuadro 3. Principales estados productores de chayote en México.....	18
Cuadro 4. Principales municipios productores de chayote (<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw. <i>Virens levis</i> en el estado de Veracruz.....	18
Cuadro 5. Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos comestibles.....	22
Cuadro 6. Características de las principales proteínas utilizadas en la formulación de los recubrimientos comestibles.....	22
Cuadro 7. Recubrimientos utilizados en productos hortofrutícolas.	28
Cuadro 8. Formulación de los recubrimientos comestibles a base de cera de abeja y goma laca.....	50
Cuadro 9. Parámetros de color de la cascara de chayotes (<i>Sechium edule</i>) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C durante 32 días seguido por 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.	51
Cuadro 10. Parámetros de calidad del chayote (<i>Sechium edule</i>) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C durante 32 días seguido por 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.....	52
Cuadro 11. Formulación de los RC a base de CA-GL.	63
Cuadro 12. Lista de los descriptores sensoriales establecidos por el panel entrenado y sus pruebas de ordenamiento.	65
Cuadro 13. Lista de los descriptores sensoriales con su respectiva definición establecidos por el panel entrenado.....	65
Cuadro 14. Intensidad en los atributos de los frutos de chayote almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C. 70	

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Pérdida de peso de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrir, almacenados a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C por cada período de almacenamiento. Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05)..... 53
- Figura 2.** Firmeza de la cáscara (Penetración) de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05)..... 54
- Figura 3.** Firmeza de la pulpa (Punción) de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05). 55
- Figura 4.** Tasa de respiración de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05). 56
- Figura 5.** Descriptores de apariencia (a), hongo (b) y vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*) (c) en frutos de chayote *Sechium edule* con y sin RC almacenados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C para simular periodo de comercialización. 75
- Figura 6.** Análisis de los principales descriptores en la evaluación sensorial de los frutos de chayote almacenados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C más 5 días a 20 °C. CA, Cera de abeja; GL, Goma laca; F1, Control; F2, Bolsa; F3, 1:3 CA-GL-2%; F4, 1:3 CA-GL-4%, F5, 3:1 CA-GL-2%; F6, 3:1 CA-GL-4%. 77

ABREVIATURAS

A: Alcohol de caña.

AO: Ácido oleico.

CA: Cera de abeja.

CO₂: Dióxido de carbono.

G: Glicerol.

GL: Goma laca.

HPMC: Hidroxipropilmetilcelulosa.

O₂: Oxígeno.

RC: Recubrimiento comestible.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Introducción General

México es un país multi-diverso en cuanto a la producción agrícola y según datos reportados por SAGARPA (2016), en ese año lo que más se exportó fueron las hortalizas (28%), seguido de las frutas (25%) y bebidas alcohólicas y vinagres (18%). INEGI en el 2010 reportó que los principales productos que exportó México hacia otros países fueron: trigo *durum*, sandía, pepino, limón (sin semilla), aguacate (INEGI, 2010; SAGARPA, 2016), cebolla, maíz blanco, mango, chile (*Bell*), espárrago, brócoli y coliflor, banana, chayote (Cadena-Íñiguez *et al.*, 2011), tomate, pimiento, frambuesa y mora, uva fresa (SAGARPA, 2016) por mencionar algunos. Ante la alta producción de productos hortofrutícolas los productores se ven obligados a hacer uso de nuevas tecnologías que permitan prolongar la vida útil para que de esta manera los productos cumplan con los requisitos de calidad exigidos por el país de destino.

El chayote (*Sechium edule*(Jacq.) Sw.), es uno de los principales productos hortofrutícolas de exportación en México, siendo el principal exportador a nivel mundial seguido por Costa Rica (Castillo-Martínez *et al.*, 2013; SINAREFI, 2016; SNICS, 2015). Según datos reportados por el SINAREFI (2016), el estado con mayor producción de chayote en México es Veracruz, seguido por Michoacán y Jalisco. Los principales municipios productores de chayote en Veracruz son Coscomatepec, Ixtaczoquitlán y Actopan. Además de ser el estado que alberga la mayor cantidad de productores de chayote a nivel nacional, de ahí que es necesario el uso de nuevas tecnologías postcosecha como son los RC (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012; Pérez-Gago *et al.*, 2008; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011). Los recubrimientos comestibles son considerados como películas comestibles que se adhieren en la superficie del fruto, logrando mantener la calidad del fruto recubierto, de esta manera, crea una barrera semipermeable a gases O₂ y CO₂ y al vapor de agua (Pérez-Gago *et al.*, 2008). Para lograr la adecuada conservación de los frutos de chayote es

necesario mantener la vida útil del fruto después de la cosecha y adecuarlo a las exigencias comerciales (Calero, 2006).

1. Planteamiento del problema

Las principales causas de deterioro del fruto del chayote (*Sechium edule*) durante el manejo postcosecha de la región del estado de Veracruz son los daños mecánicos, la poca o nula aplicación de las Buenas Prácticas de Cosecha (BPC), las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), la presencia de hongos, vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*) o ampolla en la parte de la superficie del fruto y el periodo tan corto de la vida útil del chayote. Estos factores causan pérdidas significativas en la comercialización, pérdidas económicas para los productores y para las empacadoras, alzas en los precios y la incapacidad de exportar el producto a otros países.

Por lo tanto, para que el chayote cumpla con los criterios de calidad exigidos por los mercados internos y externos, es indispensable desarrollar e implementar nuevas tecnologías de conservación, como lo son el desarrollo de Recubrimientos Comestibles (RC) específicos para este fruto, los cuales permitirán brindar una mayor estabilidad en las características fisicoquímicas y sensoriales durante el tiempo de almacenamiento. Las aplicaciones de estas tecnologías no solo pueden conservar la vida útil del chayote; sino también, pueden reducir el uso de la bolsa de polietileno, la cual es causante de la contaminación al medio ambiente y su degradación tarda varios años. Es por ello que el uso de RC, aparte de prolongar la vida útil del producto, son amigables con el medio ambiente y no necesitan de un empaque que los proteja, haciendo de esta tecnología sustentable para el medio ambiente.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de un recubrimiento comestible a base de cera de abeja y goma laca (CA-GL) sobre la calidad postcosecha del chayote.

2.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la adición del 2% y 4% de contenido de sólidos en la formulación del recubrimiento manteniendo la vida útil del chayote.
- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre el chayote a los 0, 8, 16, 24 y 32 días almacenados en refrigeración a 7 °C más 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.
- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre las características sensoriales del chayote a los 0, 8, 16, 24 y 32 días almacenados en refrigeración a 7 °C más 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.

3. Hipótesis

El recubrimiento comestible a base cera de abeja y goma laca (CA-GL) extenderá la vida útil del chayote durante 32 días de almacenamiento en refrigeración a 7 °C más 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.

4. Referencias

- Aguilar-Méndez M.A., Martín-Martínez E., Espinoza-Herrera N.L., Sánchez-Flores M., Cruz-Orea A., Ramírez-Ortíz M.E. 2012. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales* 25(1). 1-7.
- Cadena-Iñiguez J., Soto-Hernández M., Arévalo-Galarza Ma. De L., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Medina J.F., Ruiz-Posadas L.M. 2011. Caracterización Bioquímica de Variedades Domesticas de Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas con Parientes Silvestres. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. XVLL (2). 45-55.
- Calero F.A. 2006. El envasado en atmosfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(2). 61-85.
- Castillo-Martínez C.R., Cisneros-Solano VM., Hernández-Marini R., Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H. 2013. Conservación y Multiplicación de una Colección de *Sechium spp.* 1era. Ed. Colegio de Postgraduados 7-15.
- INEGI 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [En línea] Disponible: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/agri/default.aspx?tema=E>
- Navarro-Tarazaga M.Ll., Massa A., Pérez-Gago M.B. 2011. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. *Angelino*). *LWT- Food Science and Technology* 44. 2328-2334.
- Pérez-Gago M. B., del Río M.A., Rojas- Argudo C.2008. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Centro de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias* 207. 54-57.
- SAGARPA. 2016. Balanza Comercial Agroalimentaria, enero-junio 2016. [En línea] Disponible:http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/sagarpa/Documents/2016_08_18_Balanza_Agroalimentaria_enero_junio_EU.pdf
- SINAREFI. 2016. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. [En línea] Disponible: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_chayote.html
- SNICS. 2015. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. [En línea] Disponible http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Hortalizas/Chayote/Usos_Produccion_Nacional.asp

x

CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Chayote (*Sechium edule*)

El chayote es un fruto que fue domesticado por las culturas precolombinas de América Central, e introducida en diferentes países por los españoles, debido a su adaptabilidad al medio ambiente (Cadena-Íñiguez *et al.*, 2011), esta especie se considera como un producto no tradicional de exportación (Castillo-Martínez *et al.*, 2013). El fruto de la planta en madurez hortícola o fisiológicamente maduro, es considerado como el órgano principal de consumo y es utilizado principalmente como alimento para el ser humano (frutos, tallos y hojas tiernas), se consume como verdura, ya sea solo, hervido o formando parte de numerosos guisos (SINAREFI, 2016); otro uso importante es como forraje para ganado. Por su suavidad, el fruto de chayote se emplea en la elaboración de jugos, salsas, pastas, mermeladas y otros dulces tradicionales; además, la flexibilidad y resistencia de los tallos permiten la fabricación artesanal de cestas y sombreros; también tiene usos medicinales, como las infusiones de hojas que se emplea para disolver cálculos renales y como auxiliares en el tratamiento de la arterioesclerosis e hipertensión; mientras que la infusión de frutos se utilizan para aliviar la retención de orina (Cadena-Íñiguez *et al.*, 2001).

El chayote es considerado como una *Cucurbitaceae* y es conocido alrededor del mundo por diversos nombres comunes como: chayote que deriva de la palabra azteca “Chayotl”, que significa “con espinas” (Aung *et al.*, 1989), en Australia es conocido como “Choko”, en Francia como “Christophene” o “Christophine”, en Colombia como “Cidra” y “Guantila” en otras partes del mundo como “Sayóte”, “Centinarja”, “Ousou” o “Chou-Chou” (Chow-Chow), “Pimpinela”, “Pipinola”, “Merletón”, “Chocho”, “Mirliton”, “Pear squash”, “Vegetable pear”, “Chouchoute”, “Piskot” o “Sikot”, “Is-Kus”, “Dashkush”, “Iskut”, “Is-Kush”, en Brasil como “Chuchu”, en República Dominicana como “Tayota”, en Guatemala como “Güisquil”, en Honduras como “Pataste”, “Su Su” en Vietnam y en México mejor conocido como “chayote” según datos

reportados por NPGS (National Plant Germplasm System, 2005). Es una de las especies que ha sido domesticada por las culturas precolombinas de América Central, fue introducida a diferentes países por los españoles debido a su adaptabilidad en el mercado (Cadena -Iñiguez *et al.*, 2011) y su adaptabilidad a los distintos cambios de clima. El chayote fue introducido a América del Sur y a Europa entre los siglos XVIII y XIX, y de Europa se extendió a África, Asia y Australia, a Estados Unidos llegó a fines del siglo XIX. El chayote en México se cultiva desde la época prehispánica (FAO, 2015).

El chayote es una planta trepadora con largos tallos, amplias ramificaciones, con hojas alternas en forma de corazón en la base, con flores unisexuales coaxiales. El fruto es una semilla carnosa, con más del 80% de humedad (Aung *et al.*, 1996; USDA, 1995), con forma y tamaño variable, según la variedad es el color (blanco, amarillento, verde claro y oscuro), la cáscara puede presentar espinas o puede carecer de ellas.

1.2. Morfología y generalidades

El chayote pertenece al grupo de los frutos no climatéricos y sus características varían de acuerdo al tipo de especie, de tal manera que cada especie presenta formas variadas como redonda, periforme y alargada (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2011), chayotes con y sin espinas, de superficie lisa, de forma aplanada y con un peso por fruto de 200-250 g aproximadamente.

1.3. Taxonomía del chayote

En el siguiente cuadro se muestra la taxonomía del chayote (*Sechium edule*) según el SINAREFI (2016).

Cuadro 1. Taxonomía del chayote (*Sechium edule*).

Taxonomía	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Familia	<i>Cucurbitaceae</i>
Género	<i>Sechium</i>

Fuente: SINAREFI, 2016.

1.4. Insectos y plagas del chayote

Algunas de las plagas, insectos que atacan y dañan el cultivo del chayote se mencionan a continuación (Cuadro 2), dentro de las que se destaca la enfermedad de *Micovellosiella cucurbiticola*, que produce vejigas en el fruto y es la causante del rechazo de los frutos de exportación (Vargas, 1987).

Cuadro 2. Insectos, hongos y plagas que dañan al chayote.

Nombre común	Nombre científico	Daño provocado
Perforadoras del fruto	<i>Diaphania hyalinata</i> L. (<i>Lepidoptera: pyralidae</i>)	Atacan frutos tiernos, provocan heridas causando el contacto con hongos y bacterias
	<i>D. nitidalis</i> (Stoll) (<i>Lepidoptera: Pyralidae</i>)	
Mosca blanca y áfidos	<i>Bemisia tabaci</i> (Genn) (<i>Hemiptera: Aleyrodidae</i>)	Provocan manchas en el fruto
	<i>Aphis</i> spp. (<i>Hemiptera: Aphididae</i>)	
Peca blanca	<i>Ascochyta phaseolorum</i> :	Produce lesiones de color café con áreas concéntricas y puntos negros (Alvarado <i>et al.</i> , 1988; Vázquez <i>et al.</i> , 1986).
Sarna o roña	<i>Phoma cucurbitacearum</i>	Produce venas en las hojas y frutos, produce lesiones corchosas y alargadas (Alvarado <i>et al.</i> , 1988).
Vejiga	<i>Micovellosiella cucurbiticola</i> o <i>Micovellosiella lantana</i>	Producen pústulas acuosas y secas.

Fuente: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_chayote.pdf

1.5. Requerimientos de cultivo

La semilla del chayote se recomienda sembrar en terrenos planos o semiplanos, suelos arcillo-arenoso con una profundidad efectiva de 30 cm; un rango óptimo de pH de 5.5 a 6.8, suelos con buen drenaje y con un porcentaje superior al 3.5% de materia orgánica.

La temperatura ambiente adecuada para lograr el crecimiento del cultivo fluctúa entre los 13 y 27 °C con una humedad relativa de entre los 70 y 80%.

1.6. Cosecha

La cosecha se realiza a los 5 o 6 meses después de la siembra, en este proceso se deben seleccionar las semillas de buena calidad y eliminar las semillas cuyas características son indeseables con base en la Norma NMX-FF-047-SCFI-2003.

El chayote alcanza su madurez óptima alrededor de los 25 días después de la fecundación de la flor con un peso aproximado por fruto de entre 200 a 250 g y un tamaño de entre 10 a 12 cm de largo. Su cosecha se realiza de forma manual dos veces por semana, el principal método indicador de su madurez óptima es el tamaño de la mano, es decir, los recolectores colocan el fruto en la palma de la mano, si éste cubre toda la superficie de la mano es un indicio para ser cortado y si éste carece del tamaño requerido lo dejan para la siguiente cosecha. Algunas empacadoras de la región de las altas montañas del estado de Veracruz implementan las Buenas Prácticas de Cosecha (BPC) como contar con el equipo adecuado para la recolección de los frutos y el uso de la bolsa de polietileno (para evitar rozamiento entre los frutos).

Alvarado *et al.* (1988) y Mendoza *et al.* (2010) mencionan que el almacenamiento óptimo del chayote después de la cosecha debe realizarse en una cámara frigorífica a una temperatura de 12 a 14 °C con el 90% de humedad relativa. A esta temperatura la pérdida de peso disminuye en un 5% a los 30 días y la germinación no sobrepasa el 2%. En este sentido, algunas de las empacadoras de

la región de las altas montañas del estado de Veracruz mencionan que mantienen el fruto a una temperatura de 6 a 8 °C (42.8 a 46.4 °F) con una humedad relativa del 83 al 85%, a esta temperatura se logra conservar el fruto hasta 20 días después de la cosecha. El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, reportan que el tratamiento más eficiente para la limpieza del fruto y su conservación es mediante la inmersión de los frutos en una solución de 500 ppm de quilol y el 1% de alumbre (Alvarado *et al.*, 1988; FAO, 2015), mientras que en el estado de Veracruz la mayoría de las empacadoras mencionan que realizan la limpieza de los frutos por inmersión en una solución de 200 ppm de cloro (Cl), esta técnica elimina microorganismos patógenos que puedan causar alguna alteración al fruto.

1.7. Problemática del chayote en postcosecha

Un aspecto importante a resaltar en el manejo postcosecha de las frutas climatéricas es que éstas una vez cosechadas continúan activas fisiológicamente; es decir, la fruta cosechada continúa respirando, madurando e inicia el proceso de senescencia, lo cual implica cambios estructurales y bioquímicos. De esta manera, el fruto está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración, en estas circunstancias el alimento es propenso al ataque de microorganismos patógenos que pueden dañar o alterar la estructura interna y externa del fruto ocasionando la pérdida de la calidad requerida por el consumidor.

El chayote, en particular, presenta una serie de problemáticas tras su recolección, estas problemáticas se dividen en factores internos y factores externos.

Factores externos: La mayoría de los productores de chayote del municipio de Coscomatepec, Ver., carecen de la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Cosecha (BPC). Esto conlleva a un mal manejo en la recolección del fruto por parte de los trabajadores, además, el equipo con el que cuentan para la recolección del chayote es inapropiado

y el fruto presenta daños mecánicos durante y después de la cosecha. La salud e higiene de los trabajadores son de suma importancia ya que, la escases de agua potable para la perfecta limpieza de manos y corte de uñas es escasa, pocos o talvez ninguno de ellos cuenta con la capacitación suficiente sobre el mejor método de recolección del fruto. La falta de información y de maquinaria necesaria se ve reflejado en la calidad de los frutos que llegan a las empacadoras, se aprecian frutos golpeados, con magulladuras, presencia de cabellos, marcas de uñas de los trabajadores y algunos otros materiales ajenos al fruto.

Otro de los factores externos que presenta el chayote es la presencia de la bolsa que es colocada para su comercialización, siendo esta la que previene la pérdida de peso del chayote, mantiene la humedad del fruto dentro de la misma, lo que ocasiona mayor humedad en la superficie. El agua alrededor del fruto lo hace vulnerable a bacterias y hongos.

Factores internos: La principal problemática que presentan los chayotes en la empacadora, es la contaminación por la enfermedad de *Micovellosiella cucurbiticola* (vejiga). Este hongo tiene mayor presencia en épocas de lluvias, produce pústulas acuosas que se ubican en la superficie de la cáscara del fruto haciéndolo inapropiado para su comercialización. Ésta problemática conlleva grandes pérdidas económicas.

1.8. Tecnologías Postcosecha

Después de la cosecha los productos hortofrutícolas siguen experimentando continuos cambios en sus tejidos y en su estructura, lo que conlleva a una maduración acelerada y a un rápido deterioro. Durante el almacenamiento los frutos continúan su proceso de respiración, transpiración y senescencia (Pérez-Gago *et al.*, 2008). El proceso de respiración que presentan los frutos determina la velocidad de deterioro. Los cambios que provoca la transpiración es la pérdida de agua, lo que produce una serie de alteraciones como: la pérdida de turgencia, cambios de color, y la degradación

de las paredes celulares, a estas alteraciones se le suma el desarrollo de microorganismos patógenos que reducen la calidad de los frutos haciéndolos inaceptables para comercializar.

Las tecnologías postcosecha se utilizan con el objetivo de retardar los procesos de deterioro del fruto, eliminar microorganismos patógenos que puedan alterar la salud del consumidor, reducir la actividad metabólica de los frutos y de esta manera prolongar la vida útil del producto (Figuroa *et al.*, 2011; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008). Para una adecuada conservación de la calidad de los frutos es necesario mantener el alimento a temperaturas ligeramente superiores al punto de congelación (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008) logrando la disminución del crecimiento microbiano e impidiendo la germinación de las esporas fúngicas (Valverde *et al.*, 1989). Al presentar manipulación en la temperatura de los productos hortofrutícolas se debe tener mucho cuidado, ya que el frío excesivo puede ocasionar una lesión en los tejidos, así mismo, un daño o quemadura por frío, principalmente en productos sensibles como es el caso del chayote (Pérez-Gago *et al.*, 2008; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011). Por lo tanto, es de suma importancia determinar la temperatura óptima de almacenamiento en refrigeración para prolongar la vida útil. Estas tecnologías postcosecha se deben realizar para cada producto hortofrutícola ya que la composición, textura, contenido de nutrientes, contenido de agua, la actividad de agua es muy variable en cada fruto u hortaliza y se correlaciona con su intensidad respiratoria, lo cual nos va a indicar la vida de anaquel del producto. (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011)

El método de conservación por refrigeración se combina con otras técnicas postcosecha como las tecnologías de tratamiento con calor, las atmosferas modificadas (AM), atmosferas controladas (AC), los tratamientos químicos, las radiaciones ionizantes, además de la utilización de envolturas plásticas, ceras y RC. Los films proporcionan al fruto una barrera de protección adicional, para mejorar la calidad de los frutos durante su almacenamiento y comercialización (Camañas, 2012).

Los tratamientos de AC y AM son técnicas de conservación en las que se altera la composición del aire que rodea al fruto con el fin de retrasar su deterioro y disminuir el crecimiento microbiano. Con estas técnicas generalmente se modifica la atmósfera aumentando la concentración de CO₂ y disminuyendo el O₂, lo que lo hace ser de suma importancia es la interacción entre el material de envasado y el producto (Camañas, 2012, Contreras-Oliva *et al.*, 2010, Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008). De esta manera el envasado se adapta a la respiración del producto (Camañas, 2012). No obstante, también se ha estudiado el efecto con altas concentraciones de O₂ y con ausencia de CO₂ (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011).

Cuando se fijan los valores de estos gases y se controla su composición durante el tiempo de almacenamiento se habla de una AC, cuando se fijan los niveles al inicio, pero no se controlan a lo largo del almacenamiento se considera una AM. En este último caso la atmósfera de almacenamiento evoluciona con el tiempo y se ve afectada por la actividad metabólica del fruto, se modifican los niveles de O₂, CO₂, etileno y vapor de agua (Contreras-Oliva *et al.*, 2010; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

Algunas de las ventajas de las AC y AM son que ambas tecnologías muestran la reducción de la tasa respiratoria, la disminución de los efectos del etileno en la senescencia, la retención de la firmeza y la reducción del desarrollo de microorganismos, de esta manera la combinación de AC y AM con almacenamiento en refrigeración se evitan los daños por frío. De esta manera se logra prolongar la vida útil del fruto. Algunas desventajas que podemos mencionar, es el desarrollo de olores desagradables y desórdenes en la maduración por la intolerancia a bajas concentraciones de O₂ y/o altas concentraciones de CO₂ (Contreras-Oliva *et al.*, 2010, Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008). De acuerdo con la tasa respiratoria y la permeabilidad de la cáscara, los frutos presentan diferente

tolerancia al O₂ y CO₂ según la especie y el cultivo, de acuerdo con su tasa respiratoria y la permeabilidad de la cáscara (Navarro, 2010).

Otro de los tratamientos utilizados para la conservación de los productos hortofrutícolas es el uso de los RC, los cuales son considerados como productos comestibles que se adhieren y envuelven al producto objetivo. Estos films crean una barrera semipermeable a gases (O₂ y CO₂) y al vapor de agua (Andrade *et al.*, 2013; Camañas, 2012; Pérez-Gago *et al.*, 2008). La aplicación de estas tecnologías de conservación mejora las propiedades de barrera de las ceras naturales (cera epicuticular) e incrementan y/o reponen las mismas en caso de haber sido eliminadas por el lavado y la manipulación postcosecha, de esta manera mejoran el brillo de los frutos destinados a comercializar.

Las ventajas de utilizar los RC es que se pueden aplicar a todo tipo de productos hortofrutícolas, inclusive en aquellos productos que se consumen con piel como la fresa, la cereza, la frambuesa, ciruela y las uvas por mencionar algunas. Los RC permiten reducir la generación de residuos plásticos de envasado y, a diferencia de otros recubrimientos, se formulan a partir de ingredientes que, en su mayoría, proceden de fuentes renovables. El uso de estos films evita el uso de parafinas, aceites minerales, polietileno y plásticos procedentes del petróleo; los cuales pueden ocasionar algún daño en la salud de los consumidores. Además, los RC son una tecnología postcosecha que no requiere instalaciones sofisticadas, constituyen en tanto, una alternativa saludable de mayor sostenibilidad social, económica y ambiental, al ser un envase hecho de materiales biodegradables (Camañas, 2012, Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

1.9. Principales países productores de chayote (*Sechium edule*)

Según datos reportados por el SINAREFI (2016), el principal país productor de chayote es México (485,625 ton), seguido por Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos de América, Argelia,

India, Nueva Zelanda y Australia, siendo sus principales mercados los países europeos y Estados Unidos, ya que estos países albergan un gran número de personas latinoamericanas.

En México, Veracruz es el estado con mayor producción de chayote (Cuadro 3) para el mercado nacional e internacional, con una superficie aproximada de 2,042 ha anuales y aporta el 87% del volumen total. El cultivo del chayote en el estado de Veracruz se ha ampliado en tres regiones agroclimáticas (SINAREFI, 2016) como lo son: la región alta, la región zona centro y la región baja, estas tres regiones son comprendidas por los siguientes municipios (Cuadro 4), Coscomatepec, Ixtaczoquitlán, Actopan, Alpatláhuac, Ixhuatlán del Café, Calchahualco, Chocamán, Fortín, Huatusco, Rafael Delgado, Emiliano Zapata, Zongolica y Magdalena (SIAP, 2016).

Cuadro 3. Principales estados productores de chayote en México.

Ubicación	Producción (Ton)	Valor de la producción (Miles de pesos)
Veracruz	156,519.53	491,793.87
Michoacán	20,636.90	51,727.14
Jalisco	5,372.20	20,963.43
San Luis Potosí	1,050.00	5,194.80
Estado de México	963.04	4,843.22
Yucatán	136.24	834.47
Puebla	116.24	439.17
Tabasco	51.70	183.86
Guanajuato	60.00	233.88
Chiapas	52.50	157.50
Nayarit	4.50	11.25

Fuente: SIAP, 2016.

Cuadro 4. Principales municipios productores de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis* en el estado de Veracruz.

No.	Municipio	Producción (Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
1	Coscomatepec	44,999.50	144,690.49
2	Ixtaczoquitlán	34,800.00	113,399.98

3	Actopan	24,850.00	64,956.41
4	Alpatláhuac	12,600.00	40,635.00
5	Ixhuatlán del Café	11,250.00	35,625.04
6	Calchahualco	10,500.80	33,799.45
7	Huatusco	6,000.00	19,350.00
8	Chocamán	5,001.63	16,729.60
9	Fortín	3,111.00	10,553.01
10	Rafael Delgado	1,830.00	6,099.99
11	Emiliano Zapata	1,485.00	4,800.00
12	Zongolica	251.20	766.16
13	Magdalena	125.40	388.74
	Total	156,519.53	491,793.87 5

Fuente: SIAP, 2016.

1.10. Valor nutritivo y usos

El chayote es un fruto con un alto contenido de agua (94.24 g de agua/100 g de chayote) (USDA, 1995), aminoácidos y minerales (Aila-Suárez *et al.*, 2013; Jiménez-Hernández *et al.*, 2007), bajo en carbohidratos, proteína y grasas (Aila-Suárez *et al.*, 2013). Toda la planta es comestible, las hojas, brotes, tallos tiernos se usan principalmente como verduras, lo mismo que las raíces tuberosas, mismas que contienen hierro (Fe), tiamina y riboflavina (Aila-Suárez *et al.*, 2013; Aung *et al.*, 1989).

La parte que se comercializa son los frutos y en poca proporción el chayotextle, la raíz de la planta, que en su mayoría son consumidos hervidos o también se usan como forraje para ganado. Los tallos suministran fibras de buena calidad que se emplea para tejer cestas y sombreros. Las flores son de interés apícola. En medicina tradicional, las infusiones de hojas se usan para disolver cálculos renales y en el tratamiento de la hipertensión y arterioesclerosis (SIAP, 2016).

1.11. Recubrimientos Comestibles

1.11.1. Definición y propiedades funcionales

Según Pérez-Gago (2008), se entiende como RC todos aquellos productos comestibles que envuelven a un producto, creando así una barrera semipermeable a gases (O_2 y CO_2) y vapor de agua. Como ventajas se obtiene un retraso en el deterioro de los alimentos, mejora las propiedades mecánicas, ayuda a retener la firmeza de la estructura del producto que se envuelve, retiene compuestos volátiles (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008), mejora la textura, turgencia, color, aroma y valor nutricional (Figuroa *et al.*, 2011).

En 2006, la Food and Administration (FDA) de EEUU, menciona que los RC se forman a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario, así mismo, los recubrimientos actúan como vehículo de aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.). El empleo de los RC en productos hortofrutícolas, permiten controlar la respiración y la senescencia de forma similar a las atmosferas modificadas.

1.11.2. Componentes de los recubrimientos comestibles

Los RC están formulados principalmente de polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas, las mezclas pueden incluir plastificantes y emulsificantes de distinta naturaleza química lo que los hace mejorar sus propiedades mecánicas. Según la Directiva 95/2/CE (1995) de EEUU algunos materiales para la elaboración de los RC son: goma arábica, goma xantana, glicerina, pectinas, celulosa y sus derivados (metilcelulosa, hidroxipropil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa, cera de abejas, cera de candelilla, cera de carnauba, ácidos grasos, etc.) (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

En 1998, esta directiva fue modificada por la Directiva 98/72/CE (1998) introduciendo nuevos aditivos tales como la lecitina, polisorbatos, ácidos grasos y sales de ácidos grasos.

Los RC se agrupan en tres categorías, según los compuestos que hayan sido utilizados en su formulación: hidrocoloides (polisacáridos y proteínas), lípidos y composites o compuestos.

Los hidrocoloides se conforman de polisacáridos y proteínas que, en general, forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y presentan buena barrera a los gases (oxígeno) y dióxido de carbono (CO₂). Además, permiten suministrar una matriz de soporte estructural, pero una de las desventajas es que no frenan eficientemente la transmisión de vapor de agua (Bagán, 2009; Navarro, 2010; Navarro-Tarazaga, 2011). Entre los hidrocoloides más utilizados para la elaboración de los RC y que podemos mencionar son los polisacáridos y las proteínas, las cuales forman redes moleculares cohesionadas por una alta interrelación entre sus moléculas (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals). La cohesión intermolecular le confiere buenas propiedades mecánicas, ejerciendo una matriz estructural del recubrimiento comestible. Los llamados hidrocoloides proporcionan buenas propiedades de barrera a gases (O₂ y CO₂), es capaz de adherirse a las superficies de los productos hortofrutícolas frescos o mínimamente procesados y no proporcionan olores ni sabores desagradables, sin embargo, estos polímeros constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Bagán, 2009; Navarro, 2010; Navarro-Tarazaga, 2011; Rodríguez - Hernández *et al.*, 2011). Los polisacáridos más utilizados en la elaboración de los RC son las pectinas, alginatos y carragenatos, los cuales forman geles de alta humedad que evitan la deshidratación del producto que recubren, otros materiales importantes de mencionar son el almidón y sus derivados como el quitosano, las gomas de garrofín, la goma guar, goma xantana, el pululano, elsinano, celulosa, pectina y metilcelulosa por mencionar algunos.

El uso de las proteínas en la elaboración de los RC añade valor nutricional a los alimentos que son cubiertos, esto depende del tipo de proteína que se le agregue al recubrimiento, las proteínas utilizadas pueden ser de origen animal (caseínas, proteínas de suero lácteo) o de origen vegetal

(zeína de maíz, gluten de trigo y proteína de soja) (Navarro, 2010). Dependiendo el tipo de proteína es su estructura como su peso molecular, conformación, carga (pH), flexibilidad y estabilidad térmica, estas características determinan su habilidad para formar recubrimientos, así como las características principales de los recubrimientos formados. Las características de los polisacáridos utilizados en la formulación de los RC se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos comestibles.

Tipo	Compuesto	Permeabilidad al vapor de H ₂ O/gases	NP	Otros
Polisacárido	MC, CMC, HPC, HPMC	Baja/Alta	Si	Gras Flexible
	Dextrina	Alta/Moderada	-	Secado lento
	Alginato	Baja/ Moderada	Si	Frágil
	Quitosano	Moderada/Alta	No	Gras Antimicrobiano
	Pectina	Baja/Alta	-	Gras
	Carragenato	Baja/Moderada	-	Frágil
	Goma arábica	Baja/Moderada	-	Buena adhesión
	Goma guar	Baja/Moderada	-	Firmeza
	Goma Santana	Baja/Moderada	-	Buena adhesión

NP: Necesita plastificante; MC: Metilcelulosa; CMC: Carboximetilcelulosa; HPC: Hidroxipropil celulosa; HPMC: Hidroxipropil metilcelulosa.

Fuente: Navarro, 2010.

En el Cuadro 6 se puede apreciar algunas de las principales características de las proteínas que se utilizan en la formulación de los RC.

Cuadro 6. Características de las principales proteínas utilizadas en la formulación de los recubrimientos comestibles.

Tipo	Compuesto	Permeabilidad al vapor de H ₂ O/gases	NP	Otros
Proteína	Zeína	Baja/Alta	Si	Gras Flexible
	Gluten de soja	Alta/Moderada Baja/ Moderada	- Si	Secado lento Frágil

	De suero lácteo	Moderada/Alta	No	Gras Antimicrobiano
	Caseína	Baja/Alta	-	Gras
	Colágeno	Baja/Moderada	-	Frágil
	Gelatina	Baja/Moderada	-	Buena adhesión
Lípido	Cera de abeja	Alta/baja	Si	Gras
	Cera de candelilla	Alta/baja	Si	Gras
	Cera carnauba	Alta/baja	Si	Gras
	Ácidos grasos	Según tipo/Baja	-	Gras

NP, Necesita Plastificante; Gras, Ácidos grasos.

Fuente: Navarro, 2010.

Otro de los componentes de los RC son los lípidos y las resinas, por su naturaleza hidrofóbica y no poliméricos, ejercen una buena barrera al vapor de agua y gases (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008), pero con poca facilidad para formar recubrimientos (Contreras-Oliva *et al.*, 2010; Navarro, 2010). Sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural en el fruto hace que presenten malas propiedades mecánicas lo que ocasiona la formación de recubrimientos quebradizos (Gontard *et al.*, 1996). Las resinas confieren el brillo a los RC (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008) y se consideran como permeables al vapor de agua y ejercen una barrera a la difusión de gases, por lo que pueden provocar el inicio de la anaerobiosis del fruto recubierto (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008), reduce la transpiración, la deshidratación, la fricción en la manipulación posterior (Navarro, 2010).

Los lípidos más utilizados en la formulación de RC son las ceras naturales (cera de abeja, candelilla y carnauba), ácidos grasos (ácido acético, ácido palmítico, ácido esteárico y ácido oleico), monoglicéridos acetilados y diversos aceites vegetales (de cacahuete, maíz, de canela, aceite de árbol de té y soja) (Cuadro 6). De esta manera, al utilizar los recubrimientos hechos a base de lípidos, estos presentan en la superficie grasa y sus propiedades organolépticas disminuyen debido al sabor a cera y cierta rancidez por parte de los lípidos utilizados (Navarro, 2010).

Los llamados RC composites o compuestos son los que en la elaboración utilizan la combinación de distintos componentes como lo son los hidrocoloides y los lípidos, los cuales permiten

aprovechar las ventajas de cada componente. La combinación de distintos componentes tiene la finalidad de obtener recubrimientos con buenas propiedades funcionales, lo cual se ve reflejado en el producto, dando como producto final mayor vida de anaquel.

En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides aportan permeabilidad selectiva a gases como O₂ y CO₂, con alta durabilidad, buena cohesión a la estructura del fruto (cáscara). Los recubrimientos compuestos se formulan generalmente a partir de hidrocoloides (polisacáridos y proteínas), que constituyen una matriz estructural adecuada para los recubrimientos, una buena barrera a gases, y a lípidos los cuales aportan la resistencia al vapor de agua (Gontard *et al.*, 1996; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

En los recubrimientos compuestos, el lípido puede estar emulsionado en la matriz de hidrocoloide formando lo que se denominan ‘recubrimientos emulsionados’, o separado de la matriz de hidrocoloide formando una doble capa, en cuyo caso hablamos de ‘recubrimientos bicapa’. Los recubrimientos bicapa o películas bicapa se elaboran mediante dos pasos: el primer paso es la formación de la película de hidrocoloide mediante la formación de la película de lípido. Para mejorar la calidad de los recubrimientos emulsionados es necesario añadir agentes emulsificantes a las formulaciones, los cuales favorecen la dispersión del lípido en la matriz de hidrocoloide mejorando así la capacidad de impregnación del recubrimiento en el alimento objetivo y forman una capa continua en la superficie del mismo (Navarro, 2010).

Además, las formulaciones pueden incluir agentes plastificantes que aportan flexibilidad al recubrimiento mejorando su integridad física (Navarro, 2010), la función de incorporar plastificantes en el recubrimiento es para mejorar la maleabilidad de los recubrimientos (Navarro, 2010), de esta forma los recubrimientos son más resistentes y menos quebradizos. La matriz

polimérica de polisacáridos y/o proteína logra estabilizar a la fuerza de cohesión, lo cual se ve reflejado en una mayor firmeza en los recubrimientos (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

Los plastificantes debilitan las fuerzas de cohesión entre las cadenas de polímero e incrementan su movilidad, de esta manera se mejora la flexibilidad de la matriz polimérica (Navarro, 2010). Sin embargo, cuando se reduce la cohesión del polímero se incrementa la permeabilidad a los gases (O₂ y CO₂) y al vapor de agua del recubrimiento (Gontard *et al.*, 1996; Navarro, 2010; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008). Algunos de los plastificantes utilizados en la formulación de recubrimientos son polioles, como glicerol, polietilenglicol, propilenglicol, sorbitol, sacarosa y glucosa, que tienen naturaleza hidrofílica y reducen significativamente la barrera al vapor de agua del recubrimiento.

De esta manera para lograr preservar la barrera al vapor de agua de los recubrimientos se utilizan otros plastificantes de naturaleza hidrofóbica, como los ácidos grasos y sus derivados, y los aceites que, sin embargo, aumentan la permeabilidad al oxígeno del recubrimiento. Por tanto, dependiendo de las características requeridas del recubrimiento se debe utilizar un tipo de plastificante u otro o la combinación de ambos (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008), para lograr mayor calidad de los RC.

En términos generales un recubrimiento se considera como una solución que se aplica sobre un producto y forma una película superficial al secarse; mientras que cuando se habla de una película se forma antes de ser aplicado al producto, la aplicación del recubrimiento es mediante inmersión, pulverización o pintado (Navarro., 2010), el método de la aplicación del recubrimiento va a depender de las propiedades reológicas del mismo y la superficie del fruto (Figuroa *et al.*, 2011). El empleo de los recubrimientos es muy amplio, incluso, esta tecnología de conservación permite diseñar y formular recubrimientos que se apliquen directamente en el campo, durante la selección, envasado y almacenamiento.

1.11.3. Propiedades de los recubrimientos comestibles

Según la Food and Administration (FDA) de EEUU los RC deben presentar requerimientos funcionales que permitan controlar o disminuir las causas de deterioro y no causar algún daño al consumidor. Un recubrimiento comestible debe de tener las siguientes propiedades:

- Propiedades sensoriales: deben ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento y no ser detectados durante su consumo.
- Propiedades de barrera: presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos, una permeabilidad selectiva a gases (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008) y solubilidad en agua y lípidos, capacidad de absorción de agua, color, transparencia, brillo y respuesta mecánica (Navarro, 2010).
- Deben estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Las materias primas y el coste de producción del recubrimiento deben ser de bajo costo.

Un recubrimiento comestible se considera funcional y óptimo, cuando la selección de los materiales que los forman y sus propiedades están fuertemente relacionadas en base a sus componentes, composición y estructura final.

1.11.4. Agentes antimicrobianos incorporados en los recubrimientos comestibles

Los agentes antimicrobianos utilizados en los RC son compuestos o sustancias químicas que tienen la finalidad de inhibir o eliminar el crecimiento microbiano (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2012), estos compuestos son incorporados en la matriz proteica del recubrimiento y su principal campo de acción es la eliminación de patógenos productores de toxinas o microorganismos causantes de alteraciones al fruto, producto de estos microorganismos se generan olores, sabores desagradables,

pérdida de turgencia y decoloración de los productos, esto conlleva a la pérdida de calidad y lo hace ser un producto imposible de comercializar.

Existen diferentes tipos de antimicrobianos utilizados en la elaboración de los RC, pero en la actualidad, los antimicrobianos que el consumidor prefiere son los de origen animal (enzimas y quitosano, por mencionar algunos), vegetal (aceites esenciales, vainillina y extracto de semillas (Camañas, 2012)) y microbiológico (bacteriocinas, nisina y enterocinas).

Los antimicrobianos son considerados como productos no perjudiciales para la salud del consumidor; algunos de los más utilizados que podemos mencionar son los ácidos orgánicos (ácido cítrico, málico, láurico, propiónico, tartárico, benzoico, sórbico y láctico), enzimas, polisacáridos, bacteriocinas y extractos de plantas (tallos, cortezas, raíces, flores y frutos), estos antimicrobianos han demostrado inhibir y retardar el crecimiento de las bacterias, levaduras y mohos (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2012; Fagundes *et al.*, 2013; Figueroa *et al.*, 2011; Guerreiro *et al.*, 2015; Xu, *et al.*, 2017).

Los factores que se deben considerar para la selección de los antimicrobianos para el recubrimiento depende de factores como el tipo de alimento, la estructura de cáscara, el tipo de microorganismos a controlar, el tipo de antimicrobiano y su concentración, de la misma forma, la temperatura, el tiempo de almacenamiento, el pH, el contenido de humedad del producto, la capacidad amortiguadora, y la presencia de algunos otros factores externos que puedan dañar la vida útil del producto (Camañas, 2012, Raybaudi-Massilia *et al.*, 2012).

1.12. Aplicación de los recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas

La aplicación de los RC se considera como una alternativa para la conservación de frutas y hortalizas. Las aplicaciones de estos recubrimientos tienen la finalidad de prolongar la vida útil del producto, mantener su calidad durante el almacenamiento y la comercialización, lo cual reduce las

pérdidas de humedad y de esta manera retarda la maduración de los frutos. Los RC actúan como barrera al intercambio gaseoso, otra de las funciones de los RC es mejorar la integridad, firmeza, también proporciona protección al empacar y comercializar el futo, aporta brillo, confiere un aspecto más apetecible en el punto de venta.

Los frutos y hortalizas por naturaleza contienen cera natural en la capa protectora del fruto, pero ésta es removida al aplicar lavado, cepillado en algunas ocasiones, al eliminar la suciedad, las esporas de los hongos y los pesticidas utilizados en los campos (Navarro,2010). Los RC son utilizados en frutas y hortalizas tales como aguacate, espárrago, fresa (López-Mata *et al.*, 2012), mango, manzana, pera, zanahoria por mencionar algunos. En los Cuadros 7 se muestran algunos productos hortofrutícolas a los cuales se les aplico un recubrimiento comestible para prolongar la vida útil.

Cuadro 7. Recubrimientos utilizados en productos hortofrutícolas.

Frutas y hortalizas aplicadas	Recubrimiento/ Composición	Citas
Fresas	Quitosano, ácido acético, glicerol, almidón y aceite de canela.	López-Mata <i>et al.</i> , 2012.
Níspero (<i>Eriobotrya japonica</i> T.)	Quitosano y sucroéster de ácidos grasos.	Márquez <i>et al.</i> , 2009.
Tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i> Cav. Sendt)	Cera de laurel, aceite de oliva, almidón de yuca, propilenglicol, glicerol, Tween 80 y glucosa.	Andrade <i>et al.</i> , 2013.
Papaya (<i>Carica Papaya</i> L.)	Carboximetilcelulosa, propilenglicol, aceite vegetal y mineral.	Mercado-Ruiz <i>et al.</i> , 2014.
Pimentones verdes (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Carboximetilcelulosa, glicerol y acido esteárico.	Carrasco <i>et al.</i> , 2002.
Ciruela (<i>P. salicina</i> Lindl.)	Hidroxipropilmetilcelulosa, cera de abeja, ácido esteárico, glicerol, silicona, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, propianato de sodio y Tween 80.	Karaca <i>et al.</i> , 2014.
Berenjena (<i>Solanum melongena</i>)	Cera de carnauba, ácido oleico, ácido acético, hidróxido de sodio, polietilenglicol, alginato de sodio y dodecil sulfato de sodio.	Singh <i>et al.</i> , 2016.
Uvas (<i>Vitis vinifera</i> L. y <i>V. labruscana</i> Bailey)	Quitosano, ácido acético glacial y polisorbato 20.	Oh <i>et al.</i> , 2017

Mango (<i>Mangifera indica</i> L.) (Mínimamente procesado)	Gluconolactato de calcio, nerol, decanal, δ -3-careno, geraniol, decalactona, octalactona, terpinoleno, mentona y polidimetilsiloxano Microextracción en Fase Sólida.	Danalache <i>et al.</i> , 2016.
Plátano (<i>Pisang Beranga</i>)	Goma arábica y quitosano.	Maqbool <i>et al.</i> , 2010.
Frambuesas	Alginato de sodio, pectina, cloruro de calcio, aceites esenciales (citrinal y eugenol) y ácido ascórbico.	Guerreiro <i>et al.</i> , 2015.
Papaya (<i>carica papaya</i> L. híbrido <i>pococí</i>)	Cera de abeja, aceite de palma, aceite vegetal (grado alimenticio), glicerol, sorbitan y quitosano.	Corrales & Umaña, 2015.

Fuente: Elaboración propia.

1.13. Literatura citada

- Aila-Suárez S., Palma-Rodríguez H.M., Rodríguez-Hernández A.I., Hernández-Uribe J.P., Bello-Pérez L.A., Vargas-Torres A. 2013. Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles. *Carbohydrate Polymers* 98: 102-107.
- Alvarado S., Sáenz M.V., Valverde E. 1988. Evaluación de tratamientos postcosecha para la preservación de los frutos de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Costarricense* 13: 35-43.
- Andrade J.C., Acosta D.A., Bucheli M.J., Luna G.C.C. 2013. Preparation and evaluation of an edible coating for tomato tree *Cyphomandra betacea* Cav. *Sendt* post-harvest conservation. *Rev. de Ciencias Agrícolas* 30: 60-72.
- Aung L.H., Ball A., Kushad M. 1989. Developmental and Nutritional Aspects of Chayote (*Sechium edule*, *Cucurbitaceae*). *Economic Botany* 44(2): 157-164.
- Aung L.H., Harris C.M., Rij R.E., Brown J.W. 1996. Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. *Journal of Horticultural Science* 71(2): 297-304.
- Bagán-Tomás M.M. 2009. Recubrimientos antimicrobianos a base de hidroxipropil-metilcelulosa y aceite esencial de árbol de té. Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. p: 3-12.
- Cadena-Íñiguez J., Ruiz-Posadas L.M., Trejo-López C., Sánchez-García P., Aguirre-Medina J.F. 2001. Regulación del Intercambio de Gases y Relaciones Hídricas en Chayote (*Sechium edule* (Jac.) Swartz). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7: 21-35.
- Cadena-Íñiguez J., Soto-Hernández M., Arévalo-Galarza Ma. De L., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Medina J.F., Ruiz-Posadas L.M. 2011. Caracterización Bioquímica de Variedades Domésticas de Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas con Parientes Silvestres. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. XVLL (2): 45-55.
- Camañas A.C. 2012. Incorporación de aceites esenciales en la conservación del caqui “rojo brillante” y melón “piel de sapo” mínimamente procesados. Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. p: 48-62.
- Castillo-Martínez C.R., Cisneros-Solano V. M., Hernández-Marini R., Cadena-Íñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H. 2013. Conservación y Multiplicación de una Colección de *Sechium spp.* 1era. Ed. Colegio de Postgraduados. p:7-15.

- Contreras-Oliva A. 2010. Efecto de tratamientos postcosecha novedosos en la calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de cítricos. Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. p: 18-21.
- Corrales V.G & Umaña G. 2015. Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya L. Híbrido Pococí*) 39: 91-105.
- Danalache F., Carvalho C.Y., Alves V.D., Moldão-Martins M., Mata P. 2016. Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica L.*) bars. International Journal of Biological Macromolecules 84: 43-53.
- Fagundes C., Pérez-Gago M.B., Monteiro A.R., Palou L. 2013. Antifungal activity of food additives in vitro and as ingredients of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible coatings against *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* on cherry tomato fruit. International Journal of Food Microbiology 166: 391-398.
- Figuerola J., Salcedo J., Aguas Y., Olivero R., Narvaez G. 2011. Edible coatings in the conservation of mango and avocado, and perspective to use in the formulation propolis. Rev. Colombiana Ciencia Animal 3(2): 386-400.
- Guerreiro A.C., Gago C.M.L., Faleiro M.L., Miguel M.G.C., Antunes M.D.C. 2015. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. Scientia Horticulturae 194:138-146.
- Gontard N., Thibault R., Cuq B., Guilbert S. 1996. Influence of Relative Humidity and Film Composition on Oxygen and Carbon Dioxide Permeabilities of Edible Films. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44(4):1064-1069.
- Jiménez-Hernández J., Salazar-Montoya J.A., Ramos-Ramírez E.G. 2007. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. Carbohydrate polymers 68: 679-686.
- Karaca H., Pérez-Gago M.B., Taberner V., Palou L. 2014. Evaluating food additives as antifungal agents against *Monilinia fructicola* in vitro and in hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite edible coatings for plums. International Journal of Food Microbiology. 179: 72-79.
- López-Mata M.A., Ruiz-Cruz S., Navarro-Preciado C., Ornelas-Paz J.J., Estrada-Alvarado M.I., Gassos-Ortega L.E., Rodrigo-García J. 2012. Effect of chitosan edible coatings in the microbial reduction and conservation of the quality of strawberries. Rev. de Ciencias Biológicas y de la Salud 14: 33-43.
- Maqbool M., Ali A., Ramachandran S., Smith D.R., Alderson P.G. 2010. Control of postharvest anthracnose of banana using a new edible composite coating. Crop Protection. 29: 1136-1141.
- Márquez C. Carlos J., Cartagena V. J. R., Pérez-Gago. 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en postcosecha del Níspero Japonés (*Eriobotrya japonica T.*). Revista de la facultad de química farmacéutica 16(3): 304-310.
- Mendoza A.B., Valencia R.E.M.H., Rodríguez H.R., Rangel A.S. 2010. Tratado de Botánica Económica Moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p: 5-19.
- Navarro C. P. 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. p: 34-52.

- Navarro-Tarazaga M.Ll., Sothornvit R., Pérez-Gago M.B. 2008. Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl Methylcellulose-Beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 9502-9509.
- Navarro-Tarazaga M.Ll., Massa A., Pérez-Gago M.B. 2011. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *LWT- Food Science and Technology* 44: 2328-2334.
- NMX-FF-047-SCFI-2003. Productos Alimenticios No Industrializados para consumo humano- Hortalizas frescas-Chayote (*Sechium edule*).
- NPGS. 2005. U.S. National Plant Germplasm System. [En línea] recuperado el 12 de agosto de 2016, Disponible: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?33453>
- Oh Y.A., Oh Y.J., Song A.Y., Won J.S., Song K.B., Min S.C. Comparison of effectiveness of edible coatings using emulsions containing lemongrass oil of different size droplets on grape berry safety and preservation. *LWT-Food Science and Technology* 75: 742-750.
- Pérez-Gago M. B., del Río M.A., Rojas- Argudo C.2008. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Centro de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias* 207. p: 54-57.
- Raybaudi-Massilia Rosa M., Tapia M.S., Mosqueda-Melgar J. 2012. Películas y recubrimientos comestibles con efecto antimicrobiano. *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela*. p: 329-361.
- Rodríguez-Hernández M., Sánchez-González L., González-Martínez C., Cháfer M., Vargas M. 2011. Caracterización de recubrimientos comestibles a base de HPMC con aceite esencial de Bergamota. *Universidad Politécnica de Valencia*. p: 2-20.
- SIAP. 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [En línea] Disponible: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- SINAREFI. 2016. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. [En línea] Disponible: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_chayote.html
- Singh S., Khemariya P., Rai A., Rai A.C., Koley T. K., Singh B. 2016. Carnauba wax-based edible coating enhances shelf-life and retain quality of eggplant (*Solanum melongena*) fruits. *LWT- Food Science and Technology*. 74: 420-426.
- SNICS. 2015. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. [En línea] Disponible http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Hortalizas/Chayote/Usos_Produccion_Nacional.aspx
- USDA. 1995. Full Report (All Nutrients): 11149, Chayote, fruit, raw. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. [En línea] Disponible:<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2919?fgcd=&manu=&lfacet=&format=Full&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=11149>

- Valverde E., Saenz M.V., Vargas E. 1989. Estudios preliminares sobre la conservación de la fruta de chayote (*sechium edule*) después de la cosecha. Rev. De Agronomía Costarricense 13: 25-33.
- Xu X., Lei H., Xiuyan Ma., Lai T., Song H., Shi X., Li J. 2017. Antifungal activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP) against anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in postharvestmango fruit and its possible mechanisms of action. International Journal of Food Microbiology 241:1-6.

CAPÍTULO II. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD

POSTCOSECHA DE CHAYOTE FRESCO

CAPÍTULO II. Recubrimientos comestibles sobre la calidad postcosecha de chayote

Edible coatings on the post-harvest quality of chayote

Cortés-Huerta, E. M.¹; Contreras-Oliva, A.^{1*}; Hidalgo-Contreras, J. V.¹; Hernández-Cázares, A. S.¹; Herrera-Corredor, J. A.¹, Hernández-Rosas, F.¹

¹Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, Km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94946. México.

*Autor de Correspondencia: Adriana Contreras-Oliva. E-mail: adricon@colpos.mx. Teléfono: +522717166000.

Recubrimientos comestibles sobre la calidad postcosecha de chayote

Edible coatings on the post-harvest quality of chayote

RESUMEN

Recubrimientos comestibles formulados a partir de cera de abeja, goma laca y otros aditivos alimentarios, se evaluaron en chayotes (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), almacenados a 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C más 5 días a 20 °C. El experimento se realizó con un diseño completamente al azar con efectos mixtos y 3 repeticiones. Los análisis fisicoquímicos realizados fueron: color, textura, acidez, pH, pérdida de peso y concentración de CO₂. Los recubrimientos aplicados estabilizaron las propiedades fisicoquímicas y redujeron el porcentaje de pérdida de peso de los chayotes durante el periodo de almacenamiento sin crear efecto adverso con respecto al control, sin embargo, las formulaciones propuestas no presentaron diferencias significativas respecto al tratamiento con bolsa. El recubrimiento más eficaz fue el que contenía mayor proporción de cera de abeja y menor cantidad de goma laca, creando una buena barrera contra gases y vapor de agua.

Palabras clave: HPMC, *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*, cera de abeja, goma laca, propiedades fisicoquímicas.

ABSTRACT

Edible coatings formulated from beeswax, shellac and other food additives were evaluated on chayotes (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), stored at 0, 8, 16, 24 and 32 days at 7 °C plus 5 days at 20 °C. The set was made with a completely random design with mixed effects and 3 repetitions. The physicochemical analyzes performed were: color, texture, acidity, pH, weight loss and CO₂ concentration. The coatings applied stabilized the physicochemical properties and reduced the percentage of weight loss of the chayotes during the storage period and created the adverse

effect with respect to the control, however, the formulations of the benefits of the plants in the progress to the treatment with bag. The most effective coating was the one that contained the highest proportion of bee and less amount of shellac, creating a good barrier against gases and water vapor.

Keywords: HPMC, *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*, Wax, Shellac, physicochemical properties.

Introducción

La tendencia por consumir frutas y hortalizas de buena calidad y sustentables han conducido a la industria de los alimentos y a los productores agrícolas a buscar nuevas técnicas de conservación para obtener productos frescos y con una amplia vida de anaquel (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012). Pérez-Gago (2013) menciona el uso de tecnologías postcosecha que no modifiquen significativamente las características fisicoquímicas del producto, podrán conservar las propiedades nutricionales y prolongar la vida útil de los frutos. Sin embargo, se debe considerar que, al ser alimentos frescos, se obliga a los productores y a las industrias de los alimentos a extremar las buenas prácticas de cosecha (BPC) y de manufactura (BPM).

Los productos hortofrutícolas después de la cosecha manifiestan procesos metabólicos de respiración, transpiración, crecimiento, maduración y senescencia; por lo que es indispensable la aplicación de técnicas novedosas que permitan la total o parcial inactivación del proceso metabólico; entre ellas la aplicación de conservadores naturales, que no dañe la salud del consumidor (Allende *et al.*, 2006) y del medio ambiente. Otra de las técnicas de conservación son los recubrimientos comestibles (RC); considerados como recubrimientos que se adhieren y envuelven al producto, creando una barrera semipermeable a gases (O₂ y CO₂) y a vapor de agua (Ch *et al.*, 2013; Pérez-Gago *et al.*, 2008).

Estas técnicas de conservación permiten obtener productos de buena calidad y prolongar la vida útil del fruto, los RC se elaboran principalmente a base de proteínas, lípidos y polisacáridos; estos aditivos son productos biodegradables, de grado alimenticio y son considerados seguros para el consumo humano (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011). Los polisacáridos aportan estructura al fruto (cáscara), permeabilidad a gases (O_2 y CO_2), son flexibles, buenos formadores de películas, no proporcionan olor, color, son insípidos, biodegradables y solubles en agua, pero se consideran ineficientes contra la humedad del fruto (Arnon *et al.*, 2014; Bagán-Tomás, 2009; Danalache *et al.*, 2016; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011), mientras que los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y proporcionan mayor brillo en los frutos recubiertos (Gontard *et al.*, 1996; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008; Navarro, 2010).

Ambos compuestos tienen la finalidad de obtener RC con buenas propiedades funcionales para el producto y contribuyen a prolongar la vida de anaquel de los frutos. Entre los ingredientes más utilizados para la elaboración de los RC se encuentran la cera de abeja (CA) y la goma laca (GL), uno forma una buena barrera contra la humedad y el otro proporciona firmeza y mejora la permeabilidad a gases, respectivamente (Byun *et al.*, 2012).

México, según el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2015) es uno de los principales países exportadores de chayote a nivel mundial junto con Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos de América, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia. A nivel nacional Veracruz (156,519.53 t) es el estado con mayor producción de chayote (SIAP 2016). Sin embargo, los principales factores que afectan la comercialización de este fruto es el ataque de microorganismos, los daños mecánicos y el corto periodo de vida útil; alteraciones que traen consigo pérdidas económicas y un alza en los precios de los frutos. Para ello se utiliza la bolsa de polietileno individual como técnicas de conservación y prolongar la vida útil de los frutos de chayote, pero, el uso de este material trae consigo un aumento considerable en la contaminación

del medio ambiente. Ante esta necesidad el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de recubrimientos comestibles a base de CA-GL sobre la calidad postcosecha del chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*) en fresco.

Materiales y métodos

Materiales

Las muestras de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*) fueron recolectadas con base en la Norma NMX-FF-047-SCFI-2003 (en condiciones controladas de cosecha) en la zona productora del Municipio de Coscomatepec, Veracruz, perteneciente a la Microrregión de Atención Prioritaria (MAP), Pico de Orizaba, del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

La Cera de Abeja USP (CA), Ácido Oleico USP (AO), Goma Laca (E-904) (GL), Glicerol USP (G) y el alcohol de caña (A) fueron adquiridos de Droguería Cosmopolita, S.A., (Ciudad de México, México). La Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) fue donada por Química Carayani S.A. de C.V. (Ciudad de México, México). Todos los reactivos utilizados fueron grado alimenticio.

Formulaciones del recubrimiento

En la formulación del recubrimiento el G y el AO se utilizaron como plastificante y emulsionante, respectivamente. La relación de CA y GL fueron utilizados en una proporción de 3:1 y 1:3 (base seca) (Cuadro 8) y el resto de los aditivos se mantuvieron constantes durante todo el tratamiento.

Las disoluciones acuosas se prepararon de CA y GL al 2 y 4% de contenido de sólidos (v/v), de acuerdo a Fagundes *et al.* (2014) con algunas modificaciones. La HPMC se hidrató en agua caliente a 90 °C durante 15 min y posteriormente a la solución se colocó en hielo hasta una temperatura de 20 °C, a esta temperatura se adicionó la CA, GL, G, AO y A, y nuevamente se calentó a 90 °C con agitación.

Para lograr la mezcla de la GL con el resto de los aditivos, se utilizó la técnica descrita por Byun *et al.* (2012), se debe disolver en alcohol de caña (A) seguido de una agitación durante 24 h, se

filtró con papel filtro Whatman ® #5 y con ayuda de un Ultra Turrax® (IKA ® T10 basic) se mezcló durante 1 min a 12000 rpm seguido de 3 min a 22000 rpm. Posteriormente, las muestras se dejaron enfriar a una temperatura de 30 °C con agitación suave durante 25 min para asegurar una completa hidratación. Finalmente, los RC se almacenaron a 5 °C durante 1 día para observar la estabilidad de las formulaciones.

[Cuadro 8 cerca de aquí]

Aplicación del recubrimiento

La aplicación de cada formulación (Cuadro 8) se realizó por inmersión durante 1 min, el agua destilada se utilizó como solución control y se dejó un lote de frutos sin recubrir colocados dentro de una bolsa de polietileno. Todos los tratamientos se almacenaron en refrigeración a 7 °C durante 0, 8, 16, 24, y 32 días, seguido de 5 días a 20 °C para simular el almacenamiento comercial. Al finalizar cada periodo de almacenamiento se realizaron los análisis fisicoquímicos correspondientes, por triplicado. Cada tratamiento se conformó por un total de 63 frutos de chayote.

Color

El color se midió con ayuda de un colorímetro KONICA MINOLTA ® (modelo CR-400, Japón), donde se obtuvieron valores de L*, a* y b* en la escala CIELAB. Cada medición se tomó en tres sitios diferentes de cada fruto de chayote y los datos se reportaron como croma (CR*), luminosidad (L*), índice de color (IC) y ángulo de matiz (Hue*) según lo reportado por Fagundes *et al.* (2014).

Pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó gravimétricamente, con ayuda de una balanza analítica (OHAUS ® RANGER, Alemania) y los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial del fruto fresco (Ecuación (1)).

$$\% \text{ Pérdida fisiológica de peso} = ((P_i - P_f) / P_f) * 100 \quad (1)$$

Donde: Pi= Peso inicial del fruto fresco; Pf= Peso final del fruto recubierto.

Acidez y pH

Para determinar la acidez titulable (AT), se extrajo el jugo de los frutos de cada tratamiento, se tomaron 15 mL de cada muestra y se valoró con NaOH al 0.1 N, utilizando como indicador dos gotas de fenolftaleína. La AT se expresó como % de ácido cítrico por L. El pH del jugo se determinó con ayuda de un potenciómetro (Thermo Scientific ®, Orion Star, Singapur).

Firmeza

La firmeza se determinó con ayuda de un texturoméetro (marca SHIMADZU ®EZ-S 500 N, Japón) equipado con un punzón cilíndrico de 3 mm de diámetro. Los resultados se expresaron como la fuerza máxima (N) necesaria para penetrar el fruto con piel (penetración) y sin piel (punción), según lo descrito por Aung *et al.* (1996) con algunas modificaciones. La distancia recorrida para ambas determinaciones fue de 10 mm a una velocidad de 5 mm/s.

Tasa de respiración

La tasa de respiración se determinó según lo descrito por Márquez *et al.* (2009). Dos frutos de cada tratamiento se pesaron y depositaron en recipientes herméticamente sellados por un periodo de 24 horas. Con ayuda de un sensor de CO₂ se llevó a cabo la toma de datos, los cuales se expresaron como $\mu\text{g de CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Análisis estadístico

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar con efectos mixtos y 3 repeticiones. La estructura del tratamiento fue factorial 6x5. El modelo estadístico del experimento fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad \text{con } i = 1,2,3,4,5,6 \quad j = 1,2,3,4,5 \quad \text{y } k = 1,2,3,$$

donde:

y_{ijk} es la variable respuesta del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo tiempo y la k-ésima repetición; μ es la media global; α_i es el efecto fijo del i-ésimo tratamiento; β_j es el efecto aleatorio del j-ésimo tiempo; $(\alpha\beta)_{ij}$ es el efecto combinado de la interacción del i-ésimo tratamiento con el j-ésimo tiempo y e_{ijk} es el error experimental aleatorio el cual se asume independiente e idénticamente distribuido normal con media cero y varianza $\sigma_{\alpha\beta}^2$. El análisis se realizó con el procedimiento GLIMMIX del paquete estadístico SAS versión 9.4. Las comparaciones de las medias fue a través de la prueba de TUKEY.

Resultados y discusión

Color

El color en los productos hortofrutícolas, es uno de los criterios de calidad primordial utilizado por consumidores para tomar la decisión de compra.

El Cuadro 2 muestra los parámetros de color CIELAB de los chayotes con los diferentes tratamientos, evaluados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20 °C.

Los valores de Cr*, L*, IC y Hue*, en todos los tratamientos, se mantuvieron constantes después del día 8. Con respecto a los tratamientos no se encontró diferencia significativa, es decir, en todos los tratamientos existe una disminución de color con respecto al tiempo, pero esa disminución se vio reflejada para cada tratamiento, los chayotes que fueron recubiertos en ningún caso se afectó directamente el color del fruto, esto indicó que, ninguno de los recubrimientos presenta un efecto adverso con respecto al control.

[Cuadro 9 cerca de aquí]

La evolución en la maduración de los frutos de chayote se midió mediante el índice de color (IC) y se utilizó para describir la coloración del epicarpio del chayote, el índice de color en frutos es considerado como una variable de control de calidad. Fagundes *et al.* (2014) menciona que el IC

se utiliza como índice de maduración, de esta manera, el productor establece la fecha de cosecha en función de la madurez comercial y sensorial.

En el Cuadro 9 se observa que los rangos de IC fluctúan entre los -8.4561 a -9.3842 y según lo descrito por Vignoni *et al.* (2006), este rango de color nos indica que los colores van del verde profundo al verde amarillento. Fagundes *et al.* (2014) reportó que el uso de HPMC-Cera de abeja en diferentes concentraciones reducen la tasa de respiración con lo que conllevan a un ligero aumento en el color de algunos frutos, pero con los tratamientos utilizados en esta investigación no se logró este aumento. Estos mismos resultados fueron observados por Li *et al.* (2018), quien aplicó cera comercial en frutos de piña y no se encontraron diferencias significativas con respecto al control.

Pérdida de peso

El porcentaje de pérdida de peso de los diferentes tratamientos con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C fluctuó entre 1.7484 a 3.3893% y 2.5913 a 4.1341%, respectivamente (Figura 1). En relación a los tratamientos T3, T4, T5 y T6 (con recubrimiento) y el tratamiento T2 (bolsa) no se encontraron diferencias significativas. En general, el tratamiento que creó una mejor barrera contra la humedad fue el recubrimiento CA-GL al 3:1 con el 4% CS (T6), siendo este quien redujo significativamente la pérdida de peso de los frutos de chayote recubiertos durante el almacenamiento en comparación al control. Sin embargo, los recubrimientos que contienen en menor proporción la adición de la CA mejoraron la pérdida de peso de los frutos de chayote en comparación al control, pero tienden a presentar mayor pérdida de peso en comparación al recubrimiento CA-GL al 3:1 con el 4% CS (Figura 1). Esto indica que, el porcentaje de pérdida de peso disminuyó a medida que el contenido de compuestos hidrófobos fue en aumento. Esto coincide con lo reportado por Navarro-Tarazaga *et al.* (2011), donde mencionan que el aumento en la concentración de la cera de abeja adicionada crea una mejor barrera efectiva a la

pérdida de peso, el cual proporciona una mayor resistencia al movimiento de agua a través del epicarpio de los frutos.

[Figura 1 cerca de aquí]

Resultados similares fueron obtenidos por Cadena-Iñiguez *et al.* (2006), utilizando RC y ceras comerciales, reportaron valores de pérdida de peso de 3.7 a 13.6%. El Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISEM) (2011) también informó que la pérdida de peso de los chayotes frescos sin recubrir de la variedad *virens levis* fluctuó entre el 8 y 10% después de la cosecha. Aung *et al.* (1996) menciona que el porcentaje de pérdida de peso en los frutos de chayote utilizando películas comestibles fluctuaron de 0.02 al 40%. De esta manera, se confirma que el uso de la CA-GL como aditivos en los RC generan una mejor barrera efectiva contra la pérdida de humedad en los frutos de chayote en comparación a las ceras comerciales.

Acidez y pH

El pH y la AT (expresado como porcentaje de ácido cítrico) se determinó para todos los tratamientos con y sin recubrimiento almacenados a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C por cada período de almacenamiento (Cuadro 10), los valores de AT y pH fluctuaron entre 0.2161 a 0.3671% y 6.5067 a 6.7073, respectivamente. No obstante, el tratamiento que presentó pequeñas alteraciones fue el control, mostrando desde el día 16 una disminución progresiva de AT, mientras que los niveles de pH se mantuvieron constantes durante todo el periodo de estudio. Ch *et al.* (2013) y Fagundes *et al.* (2014) mencionan que los parámetros de AT y pH no suelen ser afectados por los RC debido que la calidad interna del fruto no solo depende del recubrimiento, sino también del proceso de cosecha, del índice de madurez, de la variedad y de las condiciones climatológicas.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Li *et al.* (2018), a mayor cantidad de CA se inhibe el aumento de AT, debido a que este lípido mantiene la tasa de respiración y por ende se limita el consumo excesivo del ácido cítrico con la respiración. Cadena-Iñiguez *et al.* (2006) y

(2011) obtuvieron valores entre 0.039 a 0.041% y de 0.040%, de ácido cítrico a diferentes temperaturas, y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. De esta manera, se confirma que el uso de los RC a base de CA-GL mejoraron el porcentaje de ácido cítrico y estabilizaron los valores de pH en los frutos de chayote.

Todos los RC aplicados en los frutos fueron efectivos al mantener el proceso metabólico durante el periodo de almacenamiento. De acuerdo con Nawab *et al.* (2017) el ácido cítrico y el ácido málico, son los sustratos que intervienen en el proceso de respiración de las frutas climatéricas, por lo que se espera exista una disminución en el periodo de almacenamiento, pero estos autores observaron que la cantidad de AT y pH en los diferentes tratamientos permanecieron constantes durante el periodo de prueba. Fagundes *et al.* (2014), por su parte, observaron que el pH aumentó cuando existe una mayor pérdida de ácido cítrico, en esta investigación como los resultados obtenidos de AT se mantuvieron constantes durante el periodo de análisis, al igual que el pH.

Firmeza

La firmeza según las pruebas de penetración (Figura 2) y punción (Figura 3) en las muestras de chayote con y sin RC, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C, indicaron que todos los tratamientos mantuvieron la firmeza de las muestras durante el periodo de almacenamiento, por lo cual, no presentaron diferencias significativas entre las muestras con y sin RC, siendo que los recubrimientos utilizados no afectaron el epicarpio del fruto con respecto al tiempo.

[Figura 2 cerca de aquí]

Resultados similares fueron obtenidos por Aung *et al.* (1996), reportando valores de pulpa (punción) de 12.8 N y la firmeza de la piel (penetración) fue de 19.0 N, en comparación a los datos obtenidos en esta investigación, la firmeza de la cáscara del chayote varió entre 12.6928 a 13.4969 N y para la firmeza de la pulpa varió de 10.7629 a 11.8036 N; la poca diferencia de nuestros valores obtenidos de textura no solo depende del RC aplicado, sino también de otros factores como la

variedad del chayote, condiciones climatológicas y tiempo de almacenamiento. Fagundes *et al.* (2014) indican que los RC a base CA y GL muestran una alta permeabilidad al vapor de agua durante el tiempo de almacenamiento, debido a la permanencia de una atmósfera interna saturada, que controla las actividades enzimáticas, mismas que mejoran la firmeza de la fruta.

[Figura 3 cerca de aquí]

Los resultados obtenidos coinciden con lo observado por Jin *et al.* (2017), Navarro-Tarazaga *et al.* (2011) y Torres *et al.* (2015), donde los tratamientos evaluados y en ambas mediciones (punción y penetración) no presentó degradación de la pectina, de polisacáridos y de hemicelulosa encargadas del reblandecimiento de las paredes celulares de los frutos, los RC con mayor cantidad de CA y bajo contenido de GL mejoran la firmeza de los frutos de chayote. Con estas formulaciones se tiene una mayor capacidad de modificar la atmósfera interna del fruto, no obstante, esto depende de varios factores como la variedad, las condiciones del clima, el índice de madurez, las condiciones de almacenamiento, las condiciones de cosecha y postcosecha.

Tasa de respiración

Los resultados obtenidos del contenido de CO₂ en los frutos de chayote con y sin RC, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C se muestran en la figura 4. Según la clasificación propuesta por Kader (1992), el chayote se clasifica como un fruto con tasa de respiración muy baja, en valores de <5 mg CO₂/Kg *h (1.389 μg CO₂/Kg*h) a 5 °C. Los resultados obtenidos mostraron que hasta el día 24 todos los tratamientos almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C mantuvieron constantes los niveles de CO₂ emitido, es decir, la actividad metabólica de los frutos de chayote se mantuvo constante, no así para el día 32 donde se observó que todos los tratamientos aumentaron drásticamente los niveles de CO₂ a excepción del T5 (CA-GL_3:1-2% CS), quien además de estabilizar los niveles de CO₂ durante todo el periodo de análisis, también mostró diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos utilizados (Figura 4).

[Figura 4 cerca de aquí]

Cadena-Iñiguez *et al.* (2006) mostraron valores de CO₂ entre 0.86 y 1.3 $\mu\text{g Kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ de CO₂ en chayotes recubierto con ceras comerciales y películas plásticas, en comparación con los resultados obtenidos la tasa de respiración de los frutos de chayote con y sin RC fue de 0.006 a 0.014 y 0.007 a 0.144 $\mu\text{g Kg}^{-1}\text{s}^{-1}$, respectivamente. En base a estos resultados se observa que la formulación de los RC aplicados a chayote fueron efectivos en la reducción de la tasa de respiración. En este sentido, al existir degradación de las reservas orgánicas (proteínas, carbohidratos y grasas) existe una mayor liberación de energía metabólica de los frutos, esto combinado con las formulaciones de los RC elaborados principalmente a base de CA-GL modifican la atmosfera interna de los frutos, es decir, con la aplicación de estas formulaciones retardamos el proceso de senescencia, respiración y transpiración de los frutos recubiertos. Chitravathi *et al.* (2014) menciona que los frutos con baja emisión de gases reducen las actividades enzimáticas causantes del deterioro de los tejidos de los frutos con esto retienen la firmeza durante el almacenamiento.

Conclusiones

Los recubrimientos comestibles (RC) aplicados prolongaron la vida útil de los frutos de chayote durante los 32 días de almacenamiento a 7 °C + 5 días a 20 °C, así mismo, mantienen sus propiedades fisicoquímicas y ningún tratamiento tuvo algún efecto adverso con respecto al control. Todos los RC redujeron el porcentaje de pérdida de peso de los frutos de chayote con respecto al control, sin embargo, las formulaciones de RC propuestas no presentaron estadísticamente diferencias significativas respecto al tratamiento con bolsa de polietileno (T2).

El recubrimiento más eficaz fue el recubrimiento T6 (Cera Abeja-Goma Laca al 3:1 con el 4% CS) quien creó una buena barrera contra gases y vapor de agua, debido que contenía mayor proporción de cera de abeja (CA) y menor cantidad de goma laca (GL).

Los RC con CA-GL como ingredientes principales en su formulación pueden ser utilizados para prolongar la vida útil de los frutos de chayote sin ningún efecto en su calidad. Así mismo, los frutos podrán ser exportados hacia otros países.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se deben mejorar las características fisicoquímicas del recubrimiento T6 (CA-GL al 3:1 con el 4% CS), quien redujo significativamente la pérdida de peso de los frutos de chayote, pero no mejoró la apariencia como el brillo, color y textura solo la estabilizó. Aunque en esta investigación no se encontró con patógenos durante el almacenamiento, podrían llevar a cabo estudios sobre la adición de antifúngicos a estos recubrimientos, como un método de control alternativo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada. También agradecen el apoyo de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social, del programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, y a los productores y empacadores de chayotes de la zona productora del Municipio de Coscomatepec, Veracruz.

Referencias

1. Aguilar-Méndez, M.A., Martín-Martínez, E., Espinoza-Herrera, N.L., Sánchez-Flores, M., Cruz-Orea, A., Ramírez- Ortíz, M.E. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*, 25, 1-7.
2. Allende, A., Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I. (2006). Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(19), 513-519.
3. Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 21–26.

4. Aung, L.H., Harris, C.M., Rij, R.E., Brown, J.W. (1996). Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. Journal of Horticultural Science, 71(2), 297-304.
5. Bagán-Tomás, M.M. (2009). Recubrimientos antimicrobianos a base de hidroxipropilmetilcelulosa y aceite esencial de árbol de té. Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, 3-12.
6. Byun, Y., Ward, A., Whiteside, S. (2012). Formation and characterization of shellac-hydroxypropyl methylcellulose composite films. Food Hydrocolloids, 27, 364-370.
7. Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L., Ruiz-Posadas, L.M., Aguirre-Medina, J.F., Soto-Hernández, M., Luna-Cavazos, M., Zavaleta-Mancera, H.A. (2006). Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology, 40, 170-176.
8. Cadena-Iñiguez, J., Soto-Hernández, M., Arévalo-Galarza, Ma. De L., Avendaño-Arrazate, C.H., Aguirre-Medina, J.F., Ruiz-Posadas, L.M. (2011). Caracterización Bioquímica de Variedades Domésticas de Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas con Parientes Silvestres. Revista Chapingo Serie Horticultura, XVLL (2), 45-55.
9. Ch, J.A., Acosta, D.A., Bucheli, M.J., Luna, G.C.C. (2013). Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. Revista de Ciencias Agrícolas, 30(2), 60-72.
10. Chitravathi, K., Chauhan, O.P., Raju, P.S. (2014). Postharvest shelf-life extension of green chillies (*Capsicum annuum* L.) using shellac-based edible surface coatings. Postharvest Biology and Technology, 92, 146-148.
11. Danalache, F., Carvalho, C.Y., Alves, V.D., Moldão-Martins, M., Mata, P. (2016). Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. International Journal of Biological Macromolecules, 84, 43-53.
12. Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A.R., Pérez-Gago. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 92, 1-8.
13. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM). Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: Chayote: Manejo Postcosecha. (2011). Colegio de Postgraduados, 1-17.
14. Gontard, N., Thibault, R., Cuq, B., Guilbert, S. (1996). Influence of Relative Humidity and Film Composition on Oxygen and Carbon Dioxide Permeabilities of Edible Films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(4), 1064-1069.
15. Jin, X., Wu, X., Liu, X., Liao, M. (2017). Varietal heterogeneity of textural characteristics and their relationship with phenolic ripeness of wine grapes. Scientia Horticulturae, 216, 205-214.
16. Kader, A.A. (1992). Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General. Postharvest Technology of Horticultural Crops, 311-324.
17. Li, X., Zhu, X., Wang, H., Lin, X., Lin, H., Chen, W. (2018). Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. Postharvest Biology and Technology, 136, 99-110.
18. Márquez, C.J.C., Cartagena, J.R.V., Pérez-Gago, M.B. (2009). Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). Revista de la facultad de química farmacéutica, 16(3), 304-310.
19. Navarro, C.P. (2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, 34-52.

20. Navarro-Tarazaga, M.Ll., Sothornvit, R., Pérez-Gago, M.B. (2008). Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl Methylcellulose-Beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9502-9509.
21. Navarro-Tarazaga, M.Ll., Massa, A., Pérez-Gago, M.B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *LWT- Food Science and Technology*, 44, 2328-2334.
22. Nawab, A., Alam, F., Hasnain, A. (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 581-586.
23. NMX-FF-047-SCFI-2003. Productos Alimenticios No Industrializados para consumo humano-Hortalizas frescas-Chayote (*Sechium edule*).
24. Pérez-Gago, M. B., del Río, M.A., Rojas- Argudo, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Centro de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias*, 207, 54-57.
25. Pérez-Gago, María Bernardita. (2013). Nuevo recubrimiento natural para fruta de hueso. *Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias- Fundación AGROALIMED*, 46113, 1-5.
26. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. Consultado el 14 de diciembre de 2017.
27. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (2015). Recursos Fitogenéticos. Usos y Producción nacional. En línea: http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Hortalizas/Chayote/Usos_Produccion_Nacional.aspx. Consultado el 4 de diciembre de 2017.
28. Torres, J.D., Morelos, K.J.G., Correa, D.A. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista ReCiTeIA*, 14(2), 64-75.
29. Vignoni, L.A., Césari, R.M., Forte, M., Miráble, M.L. (2006). Determinación del Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17(6), 63-67.

Table 8. Formulation of edible coatings based on beeswax and shellac

Cuadro 8. Formulación de los recubrimientos comestibles a base de cera de abeja y goma laca

Tratamiento	FR	CA (%p/p)	GL (%p/p)	CS (%)
T1	Control	-	-	-
T2	Bolsa	-	-	-
T3	CA-GL	1	3	2
T4	CA-GL	1	3	4
T5	CA-GL	3	1	2
T6	CA-GL	3	1	4

CA, beeswax; GL, shellac; FR, coating formulation; CS; solid content; T1, Control; T2, Bag; T3, 1: 3 CA-GL-2% CS; T4, 1: 3 CA-GL-4% CS, T5, 3: 1 CA-GL-2% CS; T6, 3: 1 CA-GL-4% CS. CA, cera de abeja; GL, goma laca; FR, formulación del recubrimiento; CS; contenido de sólidos; T1, Control; T2, Bolsa; T3, 1:3 CA-GL-2% CS; T4, 1:3 CA-GL-4% CS, T5, 3:1 CA-GL-2% CS; T6, 3:1 CA-GL-4% CS.

Table 9. Color parameters of the chayote shell (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C for 32 days followed by 5 days at 20 °C to simulate the marketing period.

Cuadro 9. Parámetros de color de la cascara de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C durante 32 días seguido por 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.

Tratamientos	IC	L*	Cr*	Hue*
T1	-8.45 ± 0.36 ^a	60.23 ± 1.98 ^a	39.00 ± 1.21 ^a	2.42 ± 0.76 ^a
T2	-9.22 ± 0.36 ^a	57.28 ± 1.98 ^a	37.60 ± 1.21 ^a	3.17 ± 0.76 ^a
T3	-9.22 ± 0.36 ^a	54.44 ± 1.98 ^a	35.30 ± 1.21 ^a	2.55 ± 0.76 ^a
T4	-9.20 ± 0.36 ^a	55.46 ± 1.98 ^a	36.82 ± 1.21 ^a	2.52 ± 0.76 ^a
T5	-9.38 ± 0.36 ^a	55.84 ± 1.98 ^a	35.88 ± 1.21 ^a	4.10 ± 0.76 ^a
T6	-9.35 ± 0.36 ^a	55.55 ± 1.98 ^a	36.04 ± 1.21 ^a	2.79 ± 0.76 ^a

Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P <0.05). T1, Control; T2, Bag; T3, 1: 3 CA-GL-2%; T4, 1: 3 CA-GL-4%, T5, 3: 1 CA-GL-2%; T6, 3: 1 CA-GL-4%; IC, Color Index; L *, luminosity; Cr *, chroma; Hue *, Angle of hue.

Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05). T1, Control; T2, Bolsa; T3, 1:3 CA-GL-2%; T4, 1:3 CA-GL-4%, T5, 3:1 CA-GL-2%; T6, 3:1 CA-GL-4%; IC, Índice de color; L*, luminosidad; Cr*, croma; Hue*, Ángulo de matiz.

Table 10. Quality parameters of the chayote (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C for 32 days followed by 5 days at 20 °C (to simulate the marketing period).

Cuadro 10. Parámetros de calidad del chayote (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C durante 32 días seguido por 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización.

Tratamientos	pH	Acidez
T1	6.47 ±0.06 ^b	0.28 ±0.02 ^{ab}
T2	6.50 ±0.06 ^b	0.36 ±0.02 ^a
T3	6.58 ±0.06 ^{ab}	0.29 ±0.02 ^{ab}
T4	6.63 ±0.06 ^{ab}	0.28 ±0.02 ^{ab}
T5	6.65 ±0.06 ^{ab}	0.24 ±0.02 ^b
T6	6.70 ±0.06 ^a	0.21 ±0.02 ^b

Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P <0.05). % of P. weight, Percentage of weight loss; T1, Control; T2, Bag; T3, 1: 3 CA-GL-2%; T4, 1: 3 CA-GL-4%, T5, 3: 1 CA-GL-2%; T6, 3: 1 CA-GL-4%.

Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05). % de P. peso, Porcentaje de pérdida de peso; T1, Control; T2, Bolsa; T3, 1:3 CA-GL-2%; T4, 1:3 CA-GL-4%, T5, 3:1 CA-GL-2%; T6, 3:1 CA-GL-4%

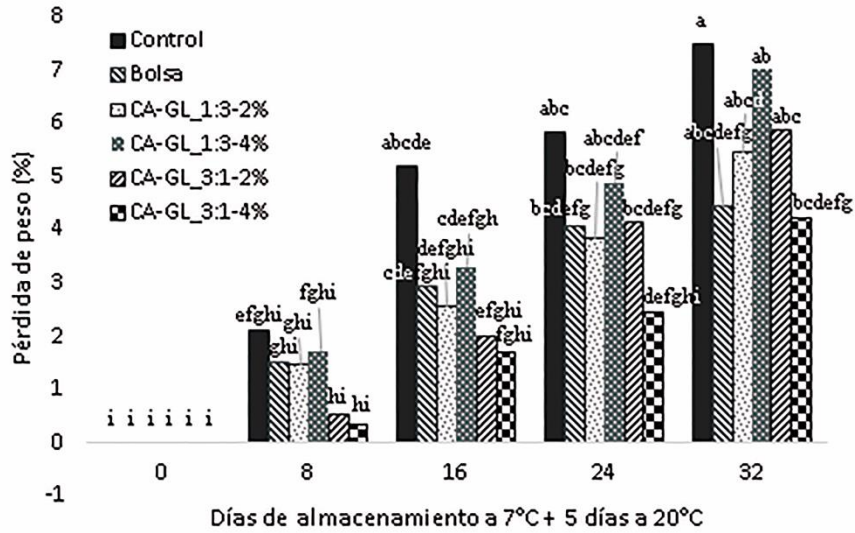


Figure 1. Weight loss of chayotes (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C followed by 5 days at 20 °C for each storage period. Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P <0.05).

Figura 1. Pérdida de peso de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrir, almacenados a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C por cada período de almacenamiento. Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05).

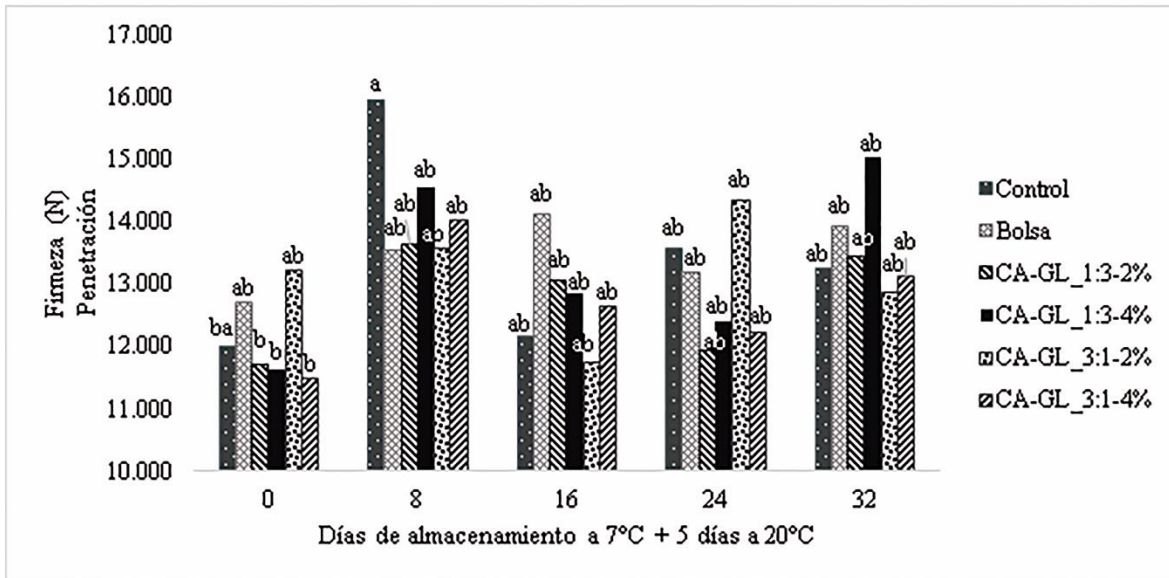


Figure 2. Firmness of the peel (Penetration) of the fruits of chayotes (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C plus 5 days at 20 °C (to simulate the commercialization period). Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P <0.05).

Figura 2. Firmeza de la cáscara (Penetración) de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05).

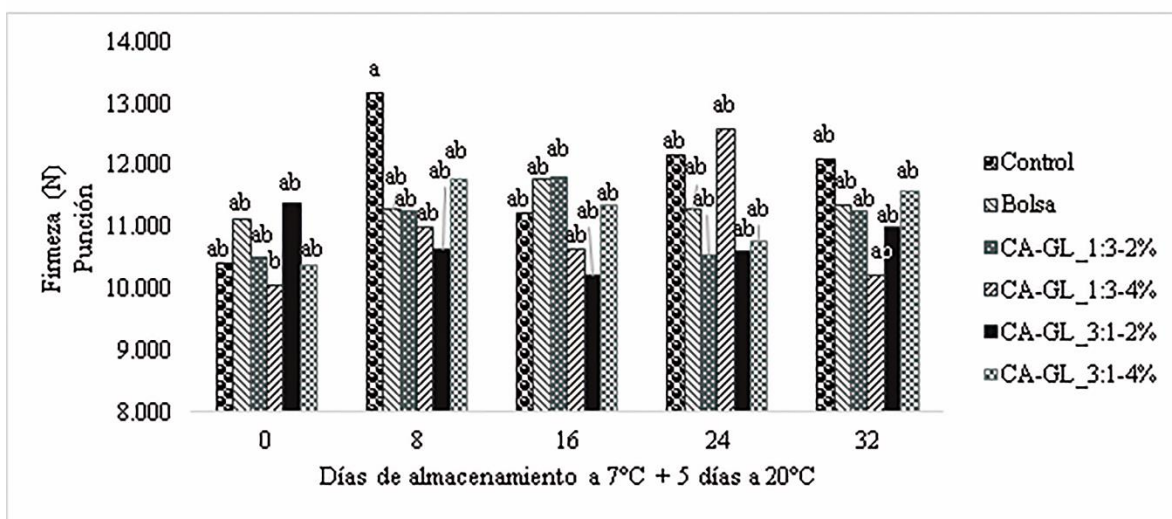


Figure 3. Firmness of the pulp (Puncture) of the fruits of chayotes (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C plus 5 days at 20 °C (to simulate the period of commercialization). Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P < 0.05).

Figura 3. Firmeza de la pulpa (Punción) de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P < 0.05).

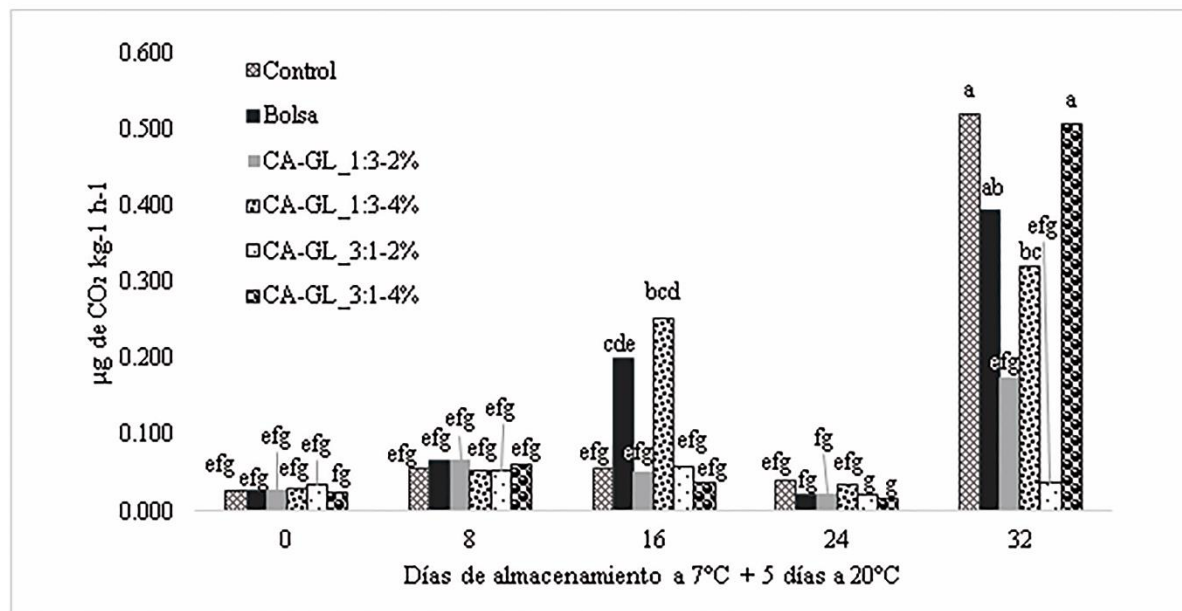


Figure 4. Respiration rate of the fruits of chayotes (*Sechium edule*) with and without coating, stored at 7 °C plus 5 days at 20 °C (to simulate the period of commercialization). Columns with different letters are significantly different according to the TUKEY test (P <0.05).

Figura 4. Tasa de respiración de los frutos de chayotes (*Sechium edule*) con y sin recubrimiento, almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C (para simular el periodo de comercialización). Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05).

CAPÍTULO III. ESTABILIDAD SENSORIAL EN FRUTOS DE CHAYOTE
RECUBIERTOS A BASE DE CERA DE ABEJA-GOMA LACA

CAPÍTULO III. Estabilidad sensorial en frutos de chayote recubiertos a base de cera de abeja-goma laca

Cortés-Huerta, EM.¹; Herrera-Corredor, J.A.¹; Hidalgo-Contreras, J.V.¹, Hernández-Cázares, A.S.¹; Hernández-Rosas, F.¹; Contreras-Oliva, A.^{1*}.

¹Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94946. México.

*Autor de Correspondencia: Adriana Contreras-Oliva. E-mail: adricon@colpos.mx. Teléfono: +522717166000

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la estabilidad sensorial en los frutos de chayote (*Sechium edule*) aplicando diferentes recubrimientos comestibles a base de cera de abeja-goma laca. Los frutos fueron almacenados en refrigeración a 7 °C durante 0, 8, 16, 24 y 32 días, transcurrido este periodo se mantuvieron 5 días más a 20 °C para simular el periodo de comercialización, posteriormente se realizó la evaluación. Los descriptores evaluados fueron apariencia visual, intensidad de verde, brillo, descamación del recubrimiento, nivel de hongo, vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*), textura visual, presencia de cicatrices, nivel de germinación e hidratación. Las formulaciones que aportaron mayor estabilidad a los frutos de chayote fueron las que contenían cera de abeja y goma laca (1:3-3:1) al 2% en contenido en sólidos, los atributos a controlar fueron apariencia visual, nivel de hongo, vejiga, presencia de cicatrices e hidratación, es decir, las formulaciones evaluadas mantuvieron las características sensoriales en los frutos. En general, todos los recubrimientos comestibles evaluados podrían ser considerados como formulaciones eficaces que ayudan a estabilizar la vida útil de los frutos de chayote.

Palabras clave: evaluación sensorial, recubrimientos comestibles, chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), QDA.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the sensory sensitivity in the fruits of chayote (*Sechium edule*) by applying different edible coatings based on beeswax-shellac. The fruits were stored under refrigeration at 7 ° C for 0, 8, 16, 24 and 32 days after this period, they were kept for a further 5 days at 20 ° C for the marketing period, after which the evaluation was carried out. The descriptors evaluated were visual appearance, intensity of green, brightness, peeling of the coating, fungus level, bladder (*Micovellosiella cucurbiticola*), visual texture, presence of scars, germination level and hydration. The formulations that gave mayor to the fruits of chayote were those that contained beeswax and shellac (1: 3-3: 1) at 2% in solids content, the attributes to be controlled were visual appearance, fungus level, bladder, presence of scars and hydration, that is, the evaluated formulations maintained the sensory characteristics in the fruits. In general, all edible coatings evaluated can be considered as effective formulas that help stabilize the shelf life of chayote fruits.

Keywords: sensory evaluation, edible coatings, chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*), QDA.

Introducción

México es considerado como uno de los principales países exportadores de chayote a nivel mundial junto con Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos de América, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia (SNICS, 2015). El estado con mayor producción de chayote a nivel nacional

es Veracruz (156,519.53 t anuales) y el municipio que lo encabeza es Coscomatepec (44,999.50 t) seguido por Ixtaczoquitlán (34,800.00 t) anuales (SIAP 2016). Los frutos llegan a contener más del 80% de humedad (Aung *et al.*, 1996; Lira *et al.*, 1996; USDA, 1995) y son considerados como una fuente rica en: Carbohidratos (Ordoñez *et al.*, 2006), fibra dietética, vitaminas, minerales (calcio, fósforo, magnesio y vitamina C) (Aung *et al.*, 1996; Lira *et al.*, 1996; Ordoñez *et al.*, 2006; Shiga *et al.*, 2015; USDA, 1995). Estados Unidos de América y Canadá son los únicos países de destino donde se comercializa este fruto, debido a la deficiente vida útil de los frutos. Los frutos para ser considerados de buena calidad deben cumplir principalmente con los requisitos exigidos por los consumidores; considerado el más importante en la decisión de compra las características sensoriales tales como la apariencia, color, textura, brillo, deshidratación y que carezca de patógenos en la piel. Para cumplir con las exigencias comerciales es necesario controlar el manejo postcosecha, siendo esta etapa muy importante donde se debe de controlar la calidad comercial y características sensoriales como brillo, color, deshidratación y textura (por mencionar algunas), de esta manera se prolongará la vida útil del chayote y permitirá mayor diversificación de mercados como Europa y Asia.

Actualmente las técnicas de conservación utilizadas por las empacadoras en la región productora y exportadora de chayote del estado de Veracruz involucran, el uso de la bolsa de polietileno por su capacidad de prevenir el daño mecánico. El uso de este material trae consigo una mayor producción de contaminación para el medio ambiente, además es considerado como un producto inestable por costos de producción de este material y sensibles a cuestionamientos políticos debido a la contaminación que este empaque genera (Byun *et al.*, 2012). Aunado a esto, las empacadoras carecen de técnicas novedosas de conservación, de esta manera los frutos son vulnerables al ataque de microorganismos que alteran su estructura fisiológica y por consiguiente la vida útil de los frutos

es corta. Para contrarrestar esta problemática es indispensable el uso de recubrimientos comestibles (RC) que permitan prolongar la vida útil de los frutos.

Habitualmente los mercados internacionales exigen productos de calidad, frescos y sustentables, es decir, que los materiales con los que se empaca el producto tengan el menor impacto posible sobre el medio ambiente. Como respuesta a esta necesidad surgieron los RC, los cuales están formados por unidades llamadas polímeros biodegradables y se obtienen principalmente de materias primas renovables de origen animal y vegetal, este tipo de polímeros evitan la utilización de materiales de envasado no renovables, de esta manera proporcionan productos saludables, sin agregar agentes químicos nocivos para la salud del consumidor (Byun *et al.*, 2012; Fagundes *et al.*, 2014; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008; Pérez-Gago., 2008). Sin embargo, los RC formulados principalmente a base de cera de abeja (CA)-goma laca (GL) e Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) son considerados recubrimientos flexibles, buenos formadores de películas, carecen de olor, color, proporcionan brillo, son solubles en agua, proporcionan buena barrera contra la humedad y principalmente son biodegradables al medio ambiente (Arnon *et al.*, 2014; Byun *et al.*, 2012; Bagán-Tomás, 2009; Danalache *et al* 2016; Gontard *et al.*, 1996; Navarro, 2010; Navarro-Tarazaga *et al.*, 2011) estas propiedades funcionales contribuyen a prolongar la vida útil de los frutos.

La utilización de estos RC no garantiza la aceptación de los consumidores, debido que la decisión de compra se basa en atributos organolépticos (aspecto, gusto, aroma, textura y sabor) (Echeverría *et al.*, 2008; Galindo *et al.*, 2015), siendo que estos atributos de calidad pueden inferir en la decisión de compra del producto. El análisis descriptivo cuantitativo (QDA) tiene como objetivo expresar la percepción de panelistas entrenados resaltando ciertos atributos del producto, de esta manera se obtiene un perfil sensorial descriptivo completo (Lavergne *et al.*, 2015). Los análisis descriptivos realizados en las evaluaciones sensoriales son utilizados para evidenciar las propiedades

sensoriales de los frutos. Estos estudios se realizan con mayor frecuencia con jueces entrenados, los cuales proporcionan información más detallada sobre el fruto a evaluar (Galindo *et al.*, 2015). Por este motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar la estabilidad sensorial en los frutos de chayotes (*Sechium edule*) aplicando diferentes recubrimientos comestibles a base de CA-GL.

Materiales y métodos

Materiales

Los frutos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Virens levis*) fueron recolectados de la zona productora del Municipio de Coscomatepec, Veracruz. Las muestras fueron seleccionadas con base en la Norma NMX-FF-047-SCFI-2003, los principales atributos de selección los frutos deben de tener forma regular, tamaño no mayor de 16 cm y color propio.

La Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) fue donada por Química Carayani S.A. de C.V. (Ciudad de México, México), la Goma Laca (GL), la Cera de Abeja USP (CA), el Glicerol USP (G), el Ácido Oleico USP (AO) y el alcohol de caña (A) fueron adquiridos de Droguería Cosmopolita, S.A, (Ciudad de México, México). Todos los aditivos utilizados fueron grado alimenticio.

Formulaciones del recubrimiento

En la formulación del recubrimiento el G y el AO se utilizaron como plastificante y emulsionante, respectivamente. La CA-GL se utilizaron en una proporción 1:3 y 3:1 (base seca) (Cuadro 11) el resto de los aditivos se mantuvieron constantes en todas las formulaciones de recubrimiento.

Las disoluciones acuosas de los RC se prepararon a base de CA y GL al 2 y 4% en contenido de sólidos (v/v), según lo descrito por Fagundes *et al.* (2014). La HPMC se hidrató en agua caliente a 90 °C durante 15 min y posteriormente se colocó en hielo hasta alcanzar una temperatura de 20 °C,

a esta misma temperatura se le adicionó los aditivos restantes G, CA, AO, GL, y nuevamente se llevó a una temperatura de 90 °C con agitación.

Según lo descrito por Byun *et al.* (2012) para lograr la mezcla uniforme de la GL con los aditivos se debe de disolver previamente en alcohol de caña (A) con suave agitación durante 24 h, transcurridos este tiempo se filtró con papel Whatman #5 y con ayuda de un Ultra Turrax® (IKA® T10 basic) se mezcló durante 1 minuto a 12000 rpm, más 3 min a 22000 rpm. Finalmente, las muestras se dejaron enfriar a una temperatura inferior a 30 °C con suave agitación durante 25 min para asegurar una completa hidratación y se almacenaron a 5 °C durante 1 día para asegurar la estabilidad de las formulaciones.

Cuadro 11. Formulación de los RC a base de CA-GL.

Formulación	FR	CA (%p/p)	GL (%p/p)	CS (%)
F1	Control	-	-	-
F2	Bolsa	-	-	-
F3	CA-GL	1	3	2
F4	CA-GL	1	3	4
F5	CA-GL	3	1	2
F6	CA-GL	3	1	4

CA, cera de abeja; GL, goma laca; FR, formulación del recubrimiento; CS; contenido de sólidos; F1, Control; F2, Bolsa; F3, 1:3 CA-GL-2%; F4, 1:3 CA-GL-4%, F5, 3:1 CA-GL-2%; F6, 3:1 CA-GL-4%.

Aplicación del recubrimiento

La aplicación de cada formulación se realizó por inmersión durante 1 min; la formulación de la solución control fue inmerso en agua destilada, otro lote de frutos sin recubrir fue colocado cada uno en bolsa de polietileno. Los frutos con sus respectivas formulaciones se almacenaron en refrigeración a 7 °C durante 0, 8, 16, 24, y 32 días seguidos de 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización. Al término de cada periodo de almacenamiento se realizó la correspondiente evaluación sensorial.

Evaluación sensorial

Entrenamiento

Reclutamiento y selección del panel

Según lo descrito por Hootman (1992) el reclutamiento de panelistas se realizó mediante una invitación vía correo electrónico a personas mayores de 18 años, que laboren o estudien en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Se reclutaron un total de 17 personas (9 mujeres y 8 hombres), con edades desde los 26 a 48 años. El panel sensorial concentró 12 personas (7 mujeres y 5 hombres) reclutados de marzo a abril de 2017 y entrenados hasta agosto del mismo año con sesiones de 1 h/3 días/semana.

Entrenamiento

En el entrenamiento de los panelistas se dio a conocer el objetivo del estudio, se establecieron los descriptores a evaluar, se explicó el uso de la boleta de evaluación y la escala utilizada fue continua no estructurada para la evaluación anclada en su origen hasta el fin, donde 0 es el valor más bajo y 10 (Hootman (1992), con algunas modificaciones. Se presentaron muestras de chayote (frutos germinados, con daño mecánico, con un alto índice de madurez, con presencia de vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*), deshidratados e hidratados, frutos de color pálido hasta frutos con mayor intensidad de verde, con textura rugosa y lisa en la cáscara) a los panelistas, los descriptores se establecieron mediante una discusión abierta (Cuadro 12) y consensada entre los miembros del panel sensorial.

Cuadro 12. Lista de los descriptores sensoriales establecidos por el panel entrenado y sus pruebas de ordenamiento.

Descriptores	Rango de intensidad de muestras	
	Descriptor izquierdo	Descriptor derecha
Apariencia visual	Desagradable	Agradable
Intensidad de verde	Verde pálido	Intenso
Brillo	Opaco	Intenso
Descamación del recubrimiento	Nulo	Máximo
Nivel de hongo	Nulo	Máximo
Vejiga	Nulo	Máximo
Textura visual	Rugoso	Liso
Presencia de cicatrices	Nulo	Máximo
Nivel de germinación	Nulo	Máximo
Hidratación	Deshidratado	Hidratado

Fuente: Elaboración propia.

Cada panelista utilizó una prueba de ordenamiento para cada descriptor, de esta forma el panelista ordenó cada fruto de chayote de mayor a menor intensidad según su percepción visual. Los atributos sensoriales evaluados fueron apariencia visual, intensidad del color verde, brillo, descamación del recubrimiento, nivel de hongo, vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*), textura visual, presencia de cicatriz, germinación e hidratación (Cuadro 13). Se realizaron 10 sesiones prácticas de 30 minutos y 7 sesiones teóricas de 1 h/3 días/semana con la finalidad de retroalimentar los descriptores a evaluar.

Cuadro 13. Lista de los descriptores sensoriales con su respectiva definición establecidos por el panel entrenado.

Descriptor	Definición
Apariencia visual	Percepción visual a través del aspecto exterior de los frutos de chayote basado principalmente en la observación general de la cáscara, donde se establece si los frutos presentados se consideran como idóneos para ser comprados o no (agradables o desagradables) según el panel.
Intensidad de verde	Intensidad visual en la pigmentación del color verde en los frutos de chayote. La pigmentación va desde verde pálido hasta verde intenso, según la percepción del panelista.

Brillo	Capacidad de los frutos de chayote para reflejar la intensidad lumínica, los chayotes de textura rugosa contenían menor cantidad de brillo según la percepción de los panelistas.
Descamación del recubrimiento	Capacidad del recubrimiento para adherirse a la cáscara de los frutos de chayote recubierto.
Nivel de hongo	Presencia de microorganismos causantes del deterioro de los frutos principalmente ubicados en la superficie del chayote.
Vejiga (<i>Micovellosiella cucurbiticola</i>)	Al tacto se siente un ligero “salpullido”, presencia de pústulas acuosas: distribuidas irregularmente con forma y tamaño variable, sobresalen de la superficie de la cáscara de los frutos de chayote.
Textura visual (Rugoso-Liso)	Forma en la epidermis de los frutos de chayote donde muestran ligeros bordes (rugoso) notables en la superficie (los bordes se presentan debido a su morfología, son propios del fruto) o muestran la epidermis lisa (liso). Según la percepción de los panelistas entre mayor sea el nivel rugoso del fruto su brillo será menor y viceversa.
Presencia de cicatriz	Presencia de marcas (“rayas o estrías”) color café claro en la superficie del fruto. Las marcas son distribuidas irregularmente con forma y tamaño variable.
Nivel de germinación	Frutos donde visiblemente la semilla se encuentra ligeramente fuera del epicarpio, es decir, en este fruto el brote de la semilla solo es una pequeña parte.
Hidratación	Los frutos de chayote visualmente cuentan con un alto nivel de frescura uniforme alrededor del fruto.

Se utilizaron un total de 30 frutos de chayotes distribuidos en 5 sesiones; en cada sesión los miembros del panel evaluaron los mismos frutos en diferente orden de presentación. Los frutos se presentaron enteros. La evaluación de las muestras solo fue visual.

Análisis estadístico

El experimento se realizó con un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con 14 bloques, los cuales están asociados al número de panelistas en la evaluación sensorial. El diseño del tratamiento se basó en una factorial doble, AxB. El factor A con 6 niveles, corresponde a las formulaciones descritos anteriormente en la metodología. El factor B con 5 niveles corresponde a los tiempos en los que fueron evaluadas las unidades experimentales. Cabe señalar que las unidades experimentales evaluadas en cada tiempo correspondieron a chayotes bajo condiciones

experimentales homogéneas dentro de cada tratamiento. El modelo lineal del diseño experimental es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \text{panelista}_k + \alpha_i + \text{tiempo}_j + (\alpha * \text{tiempo})_{ij} + e_{ijk}$$

$$\text{con } i = 1,2,3,4,5,6; \quad j = 1,2,3,4,5 \quad \text{y } k = 1,2, \dots, 14$$

donde

y_{ijk} es la variable respuesta asociada a la formulación en el j -ésimo tiempo dentro del bloque k -ésimo; μ es la media general; panelista_k es el efecto fijo del bloque; α_i es el efecto fijo del factor A; tiempo_j es el efecto fijo asociado al tiempo; $(\alpha * \text{tiempo})_{ij}$ es el efecto de la interacción entre los factores A y B; e_{ijk} son los errores experimentales los cuales se asumen independiente e idénticamente distribuidos normal con medias cero y varianzas comunes σ^2 . Adicionalmente se asume aditividad entre las formulaciones y bloques. El análisis de los datos se realizó con el software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute) con un ajuste a través de la aproximación de Satterthwaite (1946) a los grados de libertad y utilizando la prueba Tukey para la comparación múltiple de las medias.

Resultados y discusión

Evaluación sensorial

Los panelistas detectaron diferencias significativas en los atributos de apariencia, verde, hongo, vejiga, textura, cicatriz e hidratación (Cuadro 2.4) en los frutos de chayote evaluados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20 °C por cada periodo de almacenamiento. Sin embargo, para los descriptores de brillo, descamación y germinación no se encontró diferencia significativa, esto se puede atribuir a la variabilidad natural entre frutos, condiciones biológicas del fruto y a la formulación del RC, cabe mencionar que al utilizar la CA-GL como aditivos principales

en la formulación de los RC existe una estabilidad en los descriptores durante el periodo de almacenamiento. La descamación del recubrimiento en los frutos de chayote con recubrimiento no fue percibida por los panelistas (Cuadro 2.4), es decir, los RC tuvieron la capacidad de lograr la correcta adhesión del recubrimiento al fruto. Está característica relacionada principalmente con las propiedades microestructurales del fruto y los cambios que sufre durante el proceso de senescencia. En cuanto al nivel de germinación en frutos de chayote, las formulaciones evaluadas no mostraron germinación en el transcurso de los días de análisis (Cuadro 14) de esta manera, los RC utilizados no aceleran el metabolismo de los frutos, según Nawad *et al.* (2017) los RC estabilizan los niveles de maduración en los frutos debido a la baja permeabilidad al vapor de agua, lo que resulta beneficioso al reducir la pérdida de peso y mantener la firmeza de los mismos. Estudios similares realizados por Alvarado *et al.* (1988) muestran que el principal factor que promueve la germinación en los frutos de chayote es el empaque utilizado, es decir, los empaques modifican los niveles de humedad en los que se encuentran los frutos; el uso de empaques se promueve la alteración del metabolismo de los frutos chayote causando un incremento o decremento en la maduración y por ende aceleran o retrasan el proceso de germinación, con esto se concluye que los RC utilizados se consideran adecuados para estabilizar el proceso metabólico de maduración de los frutos de chayote.

En el descriptor de cicatriz se encontró diferencia significativa entre las formulaciones con recubrimiento en comparación al control (Cuadro 1.4). Estudios realizados por el Grupo Interdisciplinario de Investigación en chayote *Sechium edule* en México (GISeM) (2011) la aparición de las cicatrices en la epidermis del fruto es indicio que los chayotes se encuentran en madurez fisiológica (“recios” o “duros”). Con base en esta información, los RC crearon una atmosfera interna saturada, con lo que se controló las actividades enzimáticas donde además se

creó una alta permeabilidad a vapores, así mismo los RC fueron capaces de reducir significativamente el proceso de respiración y por ende se reduce el proceso de maduración (Fagundes *et al.*, 2014; Pérez-Gago., 2008).

Cuadro 14. Intensidad en los atributos de los frutos de chayote almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C.

Formulación	Apariencia	Verde	Brillo	Descamación	Hongo	Vejiga	Textura	Cicatriz	Germinación	Hidratación
Control	5.68±0.13 _e	6.43±10.1 _{4^c}	6.41±0.15 _b	0.43±0.09 ^a	1.77±0.0 _{6^a}	1.36±0.0 _{7^a}	5.52±0.173 ^d	2.06±0.0 _{9^a}	0.13±0.03 ^a	7.75±0.13 ^c
Bolsa	7.93±0.13 _{cd}	7.16±0.14 _b	6.49±0.15 _b	0.60±0.09 ^a	0.33±0.0 _{6^b}	0.50±0.0 _{7^b}	7.28±0.17 ^b	0.57±0.0 _{9^c}	0.08±0.03 ^a	7.93±0.13 ^c
CA-GL_1:3-2	8.22±0.13 _{bc}	7.57±0.14 _{ab}	7.00±0.15 _{ab}	0.40±0.09 ^a	0.27±0.0 _{6^b}	0.42±0.0 _{7^b}	7.51±0.17 ^{ab}	0.33±0.0 _{9^c}	0.03±0.03 ^a	8.51±0.13 ^a
CA-GL_1:3-4	7.57±0.13 _d	7.16±0.14 _b	6.58±0.15 _{ab}	0.57±0.09 ^a	0.31±0.0 _{6^b}	0.42±0.0 _{7^b}	7.2646±0.1 _{7^{bc}}	1.56±0.0 _{9^b}	0.07±0.03 ^a	8.59±0.13 ^a
CA-GL_3:1-2	8.80±0.13 _a	8.08±0.14 _a	7.29±0.15 _a	0.57±0.09 ^a	0.18±0.0 _{6^b}	0.38±0.0 _{7^b}	8.03±0.17 ^a	0.51±0.0 _{9^c}	0.09±0.03 ^a	8.45±0.13 ^a
CA-GL_3:1-4	8.52±0.13 _{ab}	7.68±0.14 _{ab}	6.81±0.15 _{ab}	0.64±0.09 ^a	0.17±0.0 _{6^b}	0.43±0.0 _{7^b}	6.59±0.17 ^c	0.39±0.0 _{9^c}	0.05±0.03 ^a	8.55±0.13 ^a

F1, Control; F2, Bolsa; F3, 1:3 CA-GL-2%; F4, 1:3 CA-GL-4%, F5, 3:1 CA-GL-2%; F6, 3:1 CA-GL-4%.

Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba TUKEY (P <0.05).

En la Figura 5 (a) se observa que las formulaciones propuestas mejoran significativamente la apariencia en los frutos de chayote evaluados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20°C en comparación al control. En otras palabras, el nivel de agrado del control disminuyó a partir del día 16. La puntuación sensorial emitida por los jueces para los frutos sin RC fluctuó en un rango comprendido de 9.295 a 0.083 (considerado como agradable-desagradable, respectivamente), los panelistas señalaron que el chayote control al día 32 no se consideran como frutos aceptables. En las formulaciones donde se aplicó los RC la puntuación organoléptica oscilan entre 9.583 a 6.8227 (agradable-desagradable, respectivamente) los frutos de chayotes se consideran aceptables según los panelistas. Resultados similares fueron obtenidos por Fagundes *et al.* (2014), quien mencionó que al utilizar HPMC-CA en la formulación de los RC estos reducen ligeramente la apariencia, pero según los panelistas los clasifican como frutos aceptables.

En el nivel de hongo se encontró diferencia significativa entre las formulaciones con RC evaluadas a los 0, 8, 16, 24 y 32 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20 °C en comparación al control (Figura 5 (b)). Los valores de las formulaciones con RC se mantuvieron estables durante todo el periodo de pruebas, no obstante, el control se mantuvo estable solo hasta el día 16 a partir de este día fue incrementando el nivel de hongo en los frutos alcanzando al día 32 el pico máximo. Estudios similares fueron realizados por Valverde *et al.* (1989) donde encontró que a partir del día 8 existe presencia de hongos que causan alteraciones a los frutos de chayote. Navarro-Tarazaga *et al.* (2008) y Pérez-Gago. (2008) mencionan que los recubrimientos elaborados principalmente de CA-GL son RC antimicrobianos que ayudan a prolongar la vida útil de los frutos. Así mismo, al adicionar CA como uno de los principales aditivos en el RC, este crea una mejor barrera efectiva y reducen la tasa de respiración, es decir, los RC modificaron la atmosfera interna de los frutos de chayote retardando el proceso de senescencia, respiración y transpiración en los frutos recubiertos. Cuando

los frutos disminuyen la producción de gas también se reduce las actividades enzimáticas las cuales son consideradas como las causantes del deterioro del tejido de los frutos, al existir una disminución de oxígeno y ralentizar el proceso metabólico de los frutos de chayote se evita la proliferación de patógenos que suelen afectar la estructura de los chayotes.

En el descriptor de presencia de vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*) los panelistas encontraron diferencia significativa entre los frutos de chayote con y sin RC (Figura 5 ©) evaluados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20 °C, la puntuación emitida por los jueces fluctúa entre 0.1473 a 0.7789 para chayotes con RC, mientras que para los frutos sin recubrir los valores van desde 0.2973 a 4.604. A diferencia del control todos los RC redujeron el desarrollo de la vejiga. Los panelistas observaron que al día 16 la presencia de vejiga en los frutos chayote era más notoria, siendo así que al día 32 el control mostró un pico máximo en comparación a las otras formulaciones evaluadas. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Vargas (1987) donde la presencia de la vejiga en frutos de chayote (*Sechium edule*) fue percibida a los 5-7 días y para los días 14-17 las pústulas alcanzaron su máximo desarrollo. Con relación a lo anterior el crecimiento de la vejiga a lo largo de los días se debe al proceso de senescencia donde los niveles de almidón, grasa y agua van a en aumento, por consiguiente, al utilizar RC a base de CA-GL se redujo el desarrollo de *Micovellosiella cucurbiticola*. En otras palabras, los RC utilizados crearon una barrera efectiva al intercambio gaseoso. Li *et al.* (2018) menciona que el uso de CA en las formulaciones de los RC mantiene constante la tasa de respiración y por consiguiente se limita el consumo excesivo de oxígeno, manteniendo una atmosfera interna saturada, de esta manera se controla las actividades enzimáticas y por lo tanto también se controla el desarrollo de *Micovellosiella cucurbiticola*. Sin embargo, Sáenz & Valverde (1986); Vargas (1987) y Vásquez *et al.* (1986) mencionan que la presencia de *Micovellosiella cucurbiticola* se ve influenciada por la

época de lluvia que ocasiona una mayor cantidad de chayotes dañados, el tipo de suelo y la zona geográfica de siembra.

Para los atributos de intensidad de verde y brillo los panelistas encontraron diferencia significativa para la intensidad de verde, no así para el descriptor de brillo, al no existir diferencia significativa se le puede atribuir principalmente a la formulación del RC. Fagundes *et al.* (2014) mencionó que al utilizar HPMC-CA en la formulación de los RC los panelistas no observaron diferencia significativa en la intensidad de brillo en frutos de tomate. Para la intensidad de verde existe una disminución de color con respecto al tiempo, pero esta disminución se ve reflejada en cada formulación en los diferentes días de almacenamiento. Como resultado obtuvimos que los RC utilizados ninguno afectó directamente el color del fruto, pero tampoco lo mejoró, por consiguiente, los RC no presentaron un efecto adverso con respecto al control.

Por último, los descriptores de textura e hidratación en frutos de chayote almacenados a 7 °C más 5 días a 20 °C para simular el periodo de comercialización, los panelistas encontraron diferencia significativa en ambos descriptores. De esta manera, los RC utilizados no afectaron el epicarpio del fruto con respecto al tiempo, es decir, los RC utilizados crearon una barrera efectiva al vapor de agua. Según Navarro-Tarazaga *et al.* (2011) al existir una reducción en la tasa metabólica del fruto se crea una atmosfera interna saturada y por ende se reduce la respiración de los frutos, de manera que se controla las actividades enzimáticas encargadas de mantener la hidratación y la firmeza de los frutos de chayote. Resultados similares fueron encontrados por Jin *et al.* (2017) y Torres *et al.* (2015), donde mencionan que al utilizar los RC en frutos evitan que exista degradación de polisacáridos, hemicelulosa y pectina, causantes del reblandecimiento de los tejidos celulares de los frutos. Según Aung *et al.* (1996); Fagundes *et al.* (2014), la diferencia de textura entre nuestros valores obtenidos no solo depende del RC aplicado, sino también de otros factores como

la variedad del chayote, condiciones climatológicas, índice de madurez y tiempo de almacenamiento.

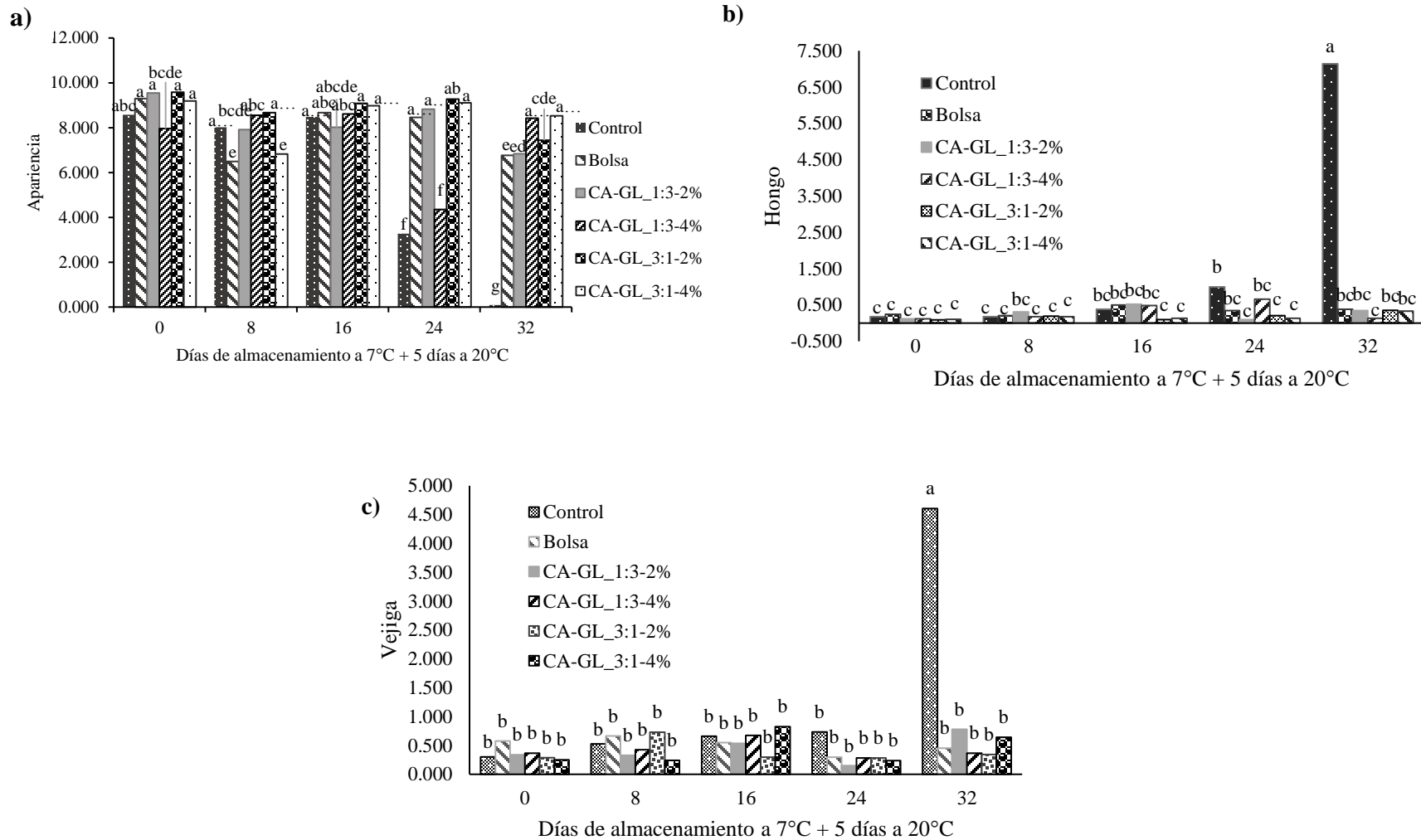


Figura 5. Descriptores de apariencia (a), hongo (b) y vejiga (*Micovellosiella cucurbiticola*) (c) en frutos de chayote *Sechium edule* con y sin RC almacenados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C seguido de 5 días a 20 °C para simular periodo de comercialización.

En la Figura 6 Se puede apreciar el análisis de correlación lineal entre los diferentes descriptores sensoriales donde el primer y segundo componente principal explicaron el 71.79% y el 10.77% de la variación observada (82.56% en total). Los atributos de hidratación, intensidad de verde y textura visual se correlacionaron con el atributo de cicatriz, es decir que existe un incremento en los niveles de hidratación, intensidad de verde y textura visual, en los frutos de chayote coincidió con una disminución en los niveles de germinación. Para el atributo de intensidad de vejiga se encontró una relación inversa con la apariencia, esto es, al incrementar los niveles de vejiga en los frutos de chayote la apariencia se vio afectada negativamente. El análisis de conglomerados ubicó al control en un solo grupo donde los descriptores que mejor representan la mejor formulación son: nivel de germinación, presencia de cicatrices, vejiga y nivel de hongo, mientras que el segundo conglomerado incluyó las formulaciones CA-GL_ 1:3 al 4% CS y CA-GL_ 3:1 al 4% CS donde el principal descriptor que refiere mejor a estas formulaciones es la descamación del recubrimiento. Finalmente, el conglomerado 3 lo comprenden las formulaciones CA-GL_ 1:3 al 2% CS y CA-GL_ 3:1 al 2% CS donde los mejores descriptores que representan a estas formulaciones son: apariencia visual, intensidad de verde, textura visual, hidratación y brillo.

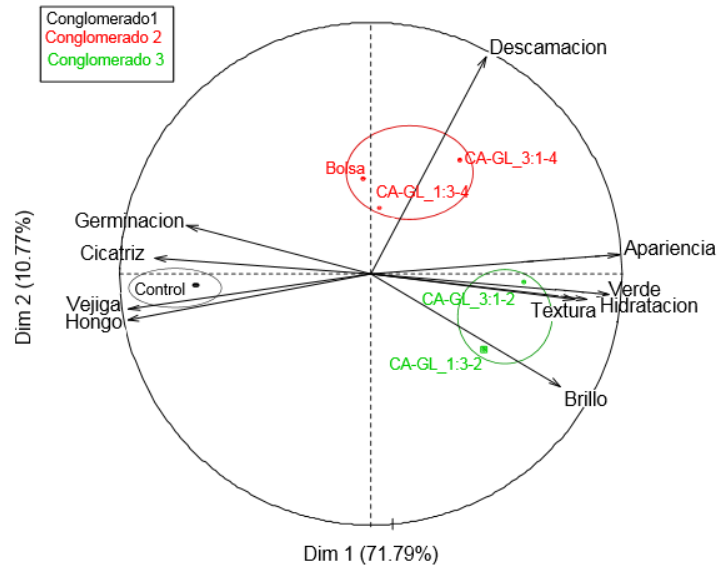


Figura 6. Análisis de los principales descriptores en la evaluación sensorial de los frutos de chayote almacenados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C más 5 días a 20 °C. CA, Cera de abeja; GL, Goma laca; F1, Control; F2, Bolsa; F3, 1:3 CA-GL-2%; F4, 1:3 CA-GL-4%, F5, 3:1 CA-GL-2%; F6, 3:1 CA-GL-4%.

Con base en los resultados obtenidos podemos decir que los RC que pueden ayudar a mejorar los atributos de apariencia visual, intensidad de verde, textura visual, hidratación y brillo en los frutos de chayote son los recubrimientos que en su elaboración contienen CA-GL_ 1:3 al 2% CS y CA-GL_ 3:1 al 2% CS a esta concentración los recubrimientos estabilizan el índice de maduración y por consiguiente disminuyen los niveles de respiración.

Conclusiones

Los recubrimientos comestibles formulados con cera de abeja- goma laca (1:3-3:1 al 2% CS) prolongaron la vida útil de los frutos de chayote almacenados a los 0, 8, 16, 24 y 32 días a 7 °C + 5 días a 20 °C. Los atributos que controlaron durante el almacenamiento fueron apariencia visual, intensidad de verde, nivel de hidratación, textura visual y brillo, es decir, con la aplicación de estas formulaciones no hubo presencia de germinación, cicatrices, vejiga y se notó la ausencia de hongos.

En estas formulaciones se encontró una relación directa y mantuvieron estables los atributos de apariencia visual, intensidad de verde, textura visual, hidratación y brillo, misma relación directa se encontró con los atributos de germinación, cicatriz, vejiga y hongo. Entre el primer grupo de variables y el segundo se presentó una relación inversa, mientras que para el atributo de descamación no tuvo relación con otro atributo. Los recubrimientos comestibles formulados con CA-GL al 2% CS pueden ser considerados como formulaciones que estabilizan las características sensoriales de anaquel de los chayotes recubiertos y pueden ser un sustituto variable para la bolsa de polietileno, es decir, los r

Recomendaciones

En próximas investigaciones se recomienda mejorar las características de los recubrimientos CA-GL al 1:3-3:1 con el 2% CS, con el fin de obtener RC que mejore el brillo y la intensidad de verde, también se recomienda la formación del panel sensorial entrenado en las empacadoras con la finalidad de mejorar y controlar la selección de los frutos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada. También agradecen el apoyo de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social, del Programa de Posgrado Innovación Agroalimentaria Sustentable del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, y a los productores y empacadores de la zona productora del Municipio de Coscomatepec, Veracruz.

Referencias

Alvarado, S., Sáenz, M.V., Valverde, E. (1988). Evaluación de tratamientos postcosecha para la preservación de los frutos de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Costarricense*, 13, 35–43.

- Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 21–26
- Aung, L.H., Harris, C.M., Rij, R.E., Brown, J.W. (1996). Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. *Journal of Horticultural Science*, 71(2), 297-304.
- Bagán-Tomás, M.M. (2009). Recubrimientos antimicrobianos a base de hidroxipropilmetilcelulosa y aceite esencial de árbol de té. Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, 3-12.
- Byun, Y., Ward, A., Whiteside, S. (2012). Formation and characterization of shellac-hydroxypropyl methylcellulose composite films. *Food Hydrocolloids*, 27, 364-370.
- Cadena-Íñiguez, J., Ruiz-Posadas, L.M., Trejo-López, C., Sánchez-García, P., Aguirre-Medina, J.F. (2001). Regulación del Intercambio de Gases y Relaciones Hídricas en Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 7, 21-35.
- Danalache, F., Carvalho, C.Y., Alves, V.D., Moldão-Martins, M., Mata, P. (2016). Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 43-53.
- Echeverria, G., Graell, J., López, L., Lara, I. (2008). La calidad organoléptica de la fruta. *Horticultura Internacional*. 26-36.
- Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A.R., Pérez-Gago. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 1-8.
- Galindo, A., Noguera-Artiaga, L., Cruz, Z.N., Burló, F., Hernández, F., Torrecillas, A., Carbonell-Barrachina, A.A. (2015). Sensory and physico-chemical quality attributes of jujube fruits as affected by crop load. *LWT - Food Science and Technology*. 63, 899-905.
- Gontard, N., Thibault, R., Cuq, B., Guilbert, S. (1996). Influence of Relative Humidity and Film Composition on Oxygen and Carbon Dioxide Permeabilities of Edible Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(4), 1064-1069.
- Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM.). Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: Chayote: Manejo Postcosecha. (2011). Colegio de Postgraduados, 1-17.
- Hootman, RC. (1992). Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation. ASTM Manual Series: MNL 13, Philadelphia, 3-12.
- Jin, X., Wu, X., Liu, X., Liao, M. (2017). Varietal heterogeneity of textural characteristics and their relationship with phenolic ripeness of wine grapes. *Scientia Horticulturae*, 216, 205-214.
- Li, X., Zhu, X., Wang, H., Lin, X., Lin, H., Chen, W. (2018). Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 99-110.

- Lira, R.S., Engels, J. (1996). Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 8-15.
- Navarro, C.P. (2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, 34-52.
- Navarro-Tarazaga, M.Ll., Sothornvit, R., Pérez-Gago, M.B. (2008). Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl Methylcellulose-Beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 9502-9509.
- Navarro-Tarazaga, M.Ll., Massa, A., Pérez-Gago, M.B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). LWT- Food Science and Technology, 44, 2328-2334.
- Nawab, A., Alam, F., Hasnain, A. (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. International Journal of Biological Macromolecules, 103, 581-586.
- NMX-FF-047-SCFI-2003. Productos Alimenticios No Industrializados para consumo humano- Hortalizas frescas-Chayote (*Sechium edule*).
- Ordoñez, A.A.L., Gómez, J.D., Vattuone, M.A., Isla, M.I. (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. Food Chemistry, 97, 452-458.
- Pérez-Gago, María Bernardita. (2013). Nuevo recubrimiento natural para fruta de hueso. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias- Fundación AGROALIMED, 46113, 1-5.
- Sáenz, M.V & Valverde, E. (1986). Identificación y estacionalidad de los factores de rechazo de frutos de exportación del chayote (*Sechium edule*) costarricense, 10, 73-87.
- Shiga, T.M., Peroni-Okita, F.H.G., Carpita, N.C., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (2015). Polysaccharide composition of raw and cooked chayote (*Sechium edule* Sw.) fruits and tuberous roots. Carbohydrate Polymers. 130, 155-165.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. Consultado el 14 de diciembre de 2017.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (2015). En línea: http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Hortalizas/Chayote/Usos_Produccion_Nacional.aspx. Consultado el 4 de diciembre de 2017.
- Thomas, E., Puget, S., Valentin, D., Songer, P. (2017). Sensory Evaluation-Profiling and Preferences. The Craft and Science of Coffee, 419-456.
- Torres, J.D., Morelos, K.J.G., Correa, D.A. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. Revista ReCiTeIA, 14(2), 64-75.
- USDA. (1995). Full Report (All Nutrients): 11149, Chayote, fruit, raw. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28. En línea:

<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2919?fgcd=&manu=&lfacet=&format=Full&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=11149>. Consultado el 21 de agosto de 2017.

Valverde, E., Sáenz, M.V., Vargas E. (1989). Estudios preliminares sobre la conservación de la fruta de chayote (*Sechium edule*) después de la cosecha. Rev. De Agronomía Costarricense, 13, 25-33.

Vargas, E. (1987). La vejiga del fruto, una nueva enfermedad del chayote (*Sechium edule* L.). Agronomía Costarricense, 12, 123-126.

Vásquez, N., Flores, E.M., Vargas, E. (1986). Efecto de la interacción de *Ascochyta phaseolorum* y *Pseudomonas* sp. sobre la morfología de los frutos de *Sechium edule* (*Cucurbitaceae*). Rev. De Biología Tropical, 34, 63-74.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CONCLUSIONES

El uso de los RC aplicados en frutos de chayote estabilizó la vida útil de los frutos almacenados a 7 °C + 5 días a 20 °C. Se observó que los RC utilizados estabilizaron las propiedades fisicoquímicas y ninguno mostró algún efecto adverso con respecto al control. Se redujo la pérdida de peso con respecto al control. De esta manera, el RC que redujo la pérdida de peso en los frutos de chayote fue el recubrimiento con mayor cantidad de cera de abeja (CA-GL al 3:1 con el 4% CS). En la evaluación sensorial de los frutos de chayote recubiertos se estabilizaron los atributos de apariencia visual, intensidad de verde, nivel de hongo, vejiga, textura visual, presencia de cicatrices e hidratación, con lo que podemos concluir que los recubrimientos a base de cera de abeja-goma laca podrían ser considerados como recubrimientos que ayudan a conservar la vida útil del chayote.

RECOMENDACIONES

En general, se recomienda que en futuras investigaciones se busque mejorar la formulación del recubrimiento, de esta manera se mejorará las características fisicoquímicas de los frutos de chayote y además de prolongar la vida útil; también se mejorará la apariencia de los frutos con respecto al control, especialmente aumentando el brillo y el color. Aunque en esta investigación no se encontró con patógenos durante el almacenamiento, se podrían llevar a cabo estudios sobre la adición de antifúngicos a estos recubrimientos, como un método de control alternativo.