



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Evaluación de películas de quitosano con
aceite esencial de canela en la poscosecha
de guanábana (*Annona muricata* L.)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECIARIAS Y
DESARROLLO RURAL**

P R E S E N T A:

I.H. Gloria Arantxa Sotelo Alcántara

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Iran Alia Tejacal

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jesús Rubén Rodríguez Núñez

Cuernavaca, Morelos, 7 de junio del 2021



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

**Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la
poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)**

Tesis realizada por IH. **Gloria Arantxa Sotelo Alcántara**, bajo la dirección del
Comité Revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el título de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECIARIAS Y DESARROLLO RURAL

COMITÉ REVISOR

Director de tesis: _____

Dr. Iran Alia Tejacal

Codirector de tesis: _____

Dr. Jesús Rubén Rodríguez Núñez

Revisor: _____

Dr. Eduardo Campos Rojas

Revisor: _____

Dr. Porfirio Juárez López

Revisor: _____

Dra. Gloria Alicia Pérez Arias

Revisor: _____

Dr. Víctor López Martínez

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto: Aprovechamiento del germoplasma, desarrollo tecnológico e innovación en cadenas de valor de anonáceas en México”, con clave 2015-4-266891 SAGARPA/CONACYT por haberme proporcionado una beca y apoyo en la adquisición de reactivos y materiales para la realización de la presente investigación.

A la beca otorgada por el CONACYT (Núm. 756813) para la realización del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos incluida en el Padrón Nacional de Posgrado

A mi director de tesis el Dr. Irán Alía Tejacal, por brindarme todo su apoyo, sus consejos y su correcta dirección en el presente trabajo de investigación y por siempre creer en mí.

A mi comité revisor: Dr. Jesus Ruben Rodriguez Nuñez, Dr. Eduardo Campos Rojas, Dr. Porfirio Juárez López, Dra. Gloria Alicia Pérez Arias y al Dr. Víctor López Martínez por su apoyo, colaboración y disposición en ésta investigación.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Hugo Sotelo Piedrola y Verónica Alcántara Juárez, quienes son lo más importante en mi vida, porque en ellos puedo encontrar ese apoyo incondicional de cumplir siempre mis metas.

“Pensar es fácil, actuar es un poco más difícil, pero actuar como se piensa es lo más difícil de todo”.

-Goethe.

“Todo es culpa de la luna, cuando se acerca demasiado a la tierra todos se vuelven locos”.

-William Shakespeare.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN	VI
SUMMARY.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO.....	5
2.1 Objetivos específicos.....	6
3. HIPÓTESIS.....	6
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
4.1. Localización y material vegetal.....	6
4.2. Organización experimental.....	7
4.3. Variables evaluadas.....	7
4.3.1 Velocidad de respiración y producción de etileno.....	7
4.3.2 Firmeza.....	8
4.3.3 Pérdida de peso	8
4.3.4 Sólidos solubles totales.....	8
4.3.5 Acidez titulable.....	9
	I

4.3.6 Índice de sabor.....	9
4.3.7 Color de epidermis.....	10
4.3.8 Proteína soluble.....	10
4.3.9 Enzima polifenol oxidasa.....	11
4.3.10 Fenoles totales.....	12
4.3.11 Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH.....	13
4.3.12 Determinación de la capacidad antioxidante por la técnica de ABTS..	13
4.3.13 Capacidad antioxidante de reducción férrica (FRAP).....	13
4.3.14 Vitamina C.....	14
4.4 Análisis de datos.....	14
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
5.1 Velocidad de respiración.....	14
5.2 Producción de etileno.....	16
5.3 Firmeza.....	18
5.4 Pérdida de peso.....	20
5.5 Sólidos solubles totales	21
5.6 Acidez titulable.....	23
5.7 Índice de sabor.....	24
5.8. Color de epidermis y apariencia de fruto.....	26

5.8.1 Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*) y Matiz (h).....	26
5.8.2. Apariencia del fruto.....	28
5.9 Proteína soluble.....	31
5.10 Enzima polifenol oxidasa (PFO).....	32
5.11 Fenoles totales.....	34
5.12 Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH.....	35
5.13 Determinación de la capacidad antioxidante por la técnica de ABTS.....	37
5.14 Capacidad antioxidante de reducción férrica (FRAP).....	38
5.15 Vitamina C.....	40
6. CONCLUSIONES.....	42
7. LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cuantificación de proteína soluble, mediante de una curva patrón de 0 a 100ppm con albumina de bovino.....	11
Figura 2. Cuantificación de fenoles totales, mediante de una curva patrón de 0 a 100ppm con ácido gálico.....	12
Figura 3. Velocidad de respiración en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	15
Figura 4. Etileno en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	17
Figura 5. Firmeza en frutos de guanábana recubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	19
Figura 6. Pérdida de peso en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	20
Figura 7. Sólidos solubles totales de frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	22
	IV

Figura 8. Acidez titulable de frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	23
Figura 9. Índice de sabor de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	25
Figura 10. Luminosidad (A), cromaticidad (B) y matiz (C) de los frutos de guanábana cubiertos con (Q) de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	29
Figura 11. Apariencia de frutos de guanábana durante su evaluación de variables no destructivas (velocidad de respiración, producción de etileno, pérdida de peso y color) del día 1 al 11.....	30
Figura 12. Proteína soluble de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	31
Figura 13. Polifenol oxidasa (PFO) de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	33
Figura 14. Fenoles totales de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a	IV

16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	34
Figura 15. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	36
Figura 16. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	37
Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante por el método de FRAP de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular 8 y 50 kDa con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	39
Figura 18. Vitamina C de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.....	41

RESUMEN

El uso de películas o recubrimientos comestibles en poscosecha, como el quitosano combinado con aceites esenciales mejoran la apariencia y la conservación del fruto, creando una barrera que ayuda a regular el intercambio de gases, modificando la atmósfera interna, reduciendo el metabolismo y la transpiración de algunos frutos. El objetivo fue evaluar los efectos físicos, químicos y fisiológicos en frutos de guanábana, con recubrimientos de quitosano con aceites esenciales para mejorar su vida útil. Frutos colectados en madurez fisiológica fueron cubiertos con quitosano (Q) de dos pesos moleculares y aceite de canela (AC) al 1 %: 1) Q 8 kDa al 1 %, 2) Q 8 kDa al 1 % + 0.1 % AC, 3) Q 50 kDa al 1 %, 4) Q 50 kDa al 1% + 0.1 % de AC, 5) Sin Q, almacenados a 16 °C y HR 90 %. Un grupo de frutos testigo fueron almacenados a temperatura ambiente (20 °C, HR 60 %). La aplicación de Q de peso molecular de 8 y 50 kDa sin AC o en combinación con AC disminuyeron significativamente ($P \leq 0.05$) la respiración, la producción de etileno, la pérdida de peso, los sólidos solubles totales, la acidez titulable, los cambios de luminosidad, cromaticidad y matiz, la actividad de PFO y las actividades antioxidantes de DPPH, ABTS y FRAP comparadas con los frutos almacenados a temperatura ambiente. Los frutos almacenados a 16 °C presentaron cambios que sugieren daño por frío, disminución de la respiración, baja acumulación de sólidos solubles totales y, por lo tanto, menor índice de sabor, y una disminución en la acumulación de proteína soluble; lo cual fue minimizado en los frutos con aplicación de Q solo o con AC. Los frutos tratados con Q de 8 kDa mostraron mayor índice de sabor, actividad antioxidante por DPPH, ABTS y FRAP, menor concentración de fenoles y se mantuvo una mejor apariencia entre 2 y 3 días, comparado con los frutos almacenados a temperatura ambiente. La aplicación de Q en combinación con la refrigeración favorece una mayor vida útil de frutos de guanábana.

Palabras clave: Peso molecular, poscosecha, recubrimientos, refrigeración, capacidad antioxidante, respiración.

SUMMARY

The use of edible films or coatings in postharvest, such as chitosan combined with essential oils improve the appearance and conservation of the fruit, creating a barrier that helps regulate gas exchange, modifying the internal atmosphere, reducing metabolism and perspiration of some fruits. The objective was to evaluate the physical, chemical and physiological effects on soursop fruits, with chitosan coatings with essential oils to improve their shelf life. Fruits collected at physiological maturity were covered with chitosan (Q) of two molecular weights and cinnamon oil (AC) at 1%: 1) Q 8 kDa at 1%, 2) Q 8 kDa at 1% + 0.1% AC, 3) Q 50 kDa at 1%, 4) Q 50 kDa at 1% + 0.1% AC, 5) Without Q, stored at 16 ° C and RH 90%. A group of control fruits were stored at room temperature (20 ° C, RH 60%). The application of Q of molecular weight of 8 and 50 kDa without AC or in combination with AC significantly ($P \leq 0.05$) decreased respiration, ethylene production, weight loss, total soluble solids, titratable acidity, changes of luminosity, chromaticity and hue, the activity of PFO and the antioxidant activities of DPPH, ABTS and FRAP compared with the fruits stored at room temperature. The fruits stored at 16 ° C presented changes that suggest cold damage, decreased respiration, low accumulation of total soluble solids and, therefore, a lower flavor index, and a decrease in the accumulation of soluble protein; which was minimized in the fruits with application of Q alone or with AC. The fruits treated with Q of 8 kDa showed a higher flavor index, antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP, a lower concentration of phenols and a better appearance was maintained between 2 and 3 days, compared to the fruits stored at room temperature. The application of Q in combination with refrigeration favors a longer shelf life of soursop fruits.

Keywords: Molecular weight, postharvest, coatings, refrigeration, antioxidant capacity, respiration.

1. INTRODUCCIÓN

La *Annona muricata* L. comúnmente conocida como guanábana, graviola y sirsak, es un miembro de la familia Annonaceae que comprende aproximadamente 130 géneros y 2, 300 especies (Mishra *et al.*, 2013). El fruto tiene una epidermis color verde opaca y poco luminosa, está cubierta de carpelos suaves y carnosos, la pulpa es blanca o ligeramente amarillenta, de textura cremosa, sabor agridulce y contiene semillas de color negro o café; es consumida fresca y tiene gran potencial industrial por su alta producción (Ávila *et al.*, 2012., Jiménez *et al.*, 2016). La presencia de minerales importantes como K, Ca, Na, Cu, Fe y Mg sugiere que el consumo regular de guanábana puede ayudar a proporcionar nutrientes y elementos esenciales al cuerpo humano (Gyamfi *et al.*, 2011). Correa *et al.* (2012) reportaron que la composición de la guanábana en 100 g de pulpa contiene una humedad del 95.60 %, energía 14.00 Kcal, proteína 0.20 %, lípidos 0.20 %, carbohidratos totales 3.00 %, fibra total 0.80 %y vitamina C 10.07 mg.

Estudios de diagnósticos realizados en 2010, ubicaron en México 14 géneros y 63 especies de la familia Annonacea y de éstas las de mayor importancia económica son: guanábana (*A. muricata* L.), chirimoya (*A. cherimola* Mill.), saramuyo (*A. squamosa* L.), ilama o papausa (*A. diversifolia* Saff.), anona colorada o amarilla (*A. reticulata* L.) y chincuya o cabeza de negro (*A. purpurea* L.) (Andrés y Andrés , 2011). En México el valor de la producción de guanábana va en aumento, en 2014 se tenían 2,886.00 ha, con un rendimiento promedio de 8.0 ha⁻¹ y un valor de la producción total de \$143,623.24; cinco años después (2019), la superficie cultivada aumentó a 3,612.54 ha, al igual que el rendimiento promedio 9.69 ha⁻¹ y el valor de la producción total incrementó a \$248,170.05; y se encuentra cultivada principalmente en los estados de Nayarit, Michoacán, Colima, Guerrero, Veracruz, Puebla, Tabasco, Campeche, Jalisco, Yucatán y Morelos (SIAP, 2021).

La guanábana y chirimoya se cultivan en México con fines comerciales, el resto de las especies se encuentran en la vegetación natural donde se recolectan los frutos

para consumo en fresco (Hernández *et al.*, 2013). La importancia económica de las Annonaceae en México es diversa y no se restringe a las especies comestibles, pues además incluye especies con propiedades aromáticas para la extracción de aceites esenciales, medicinales e insecticidas (Vidal *et al.*, 2014). La guanábana es un fruto muy apreciado por su consumo en fresco como para su procesamiento, haciendo de la pulpa una materia prima atractiva para preparar bebidas, bases para helados, dulces, gelatinas y jaleas (Hernández *et al.*, 2017). La comercialización de la guanábana en fresco está limitada debido a la alta perecibilidad de la fruta y la intensa actividad metabólica una vez cosechada, alcanza la etapa de consumo entre 2 y 7 días dependiendo de la etapa de maduración en la que se haya cosechado (Lima y Alves, 2011; Dos Santos *et al.*, 2015). La guanábana bien madurada tiene una respiración climatérica bifásica, que produce de 100 a 350 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂ a una temperatura de 25 a 30 °C. (Babaji y Fadzelly, 2018). Entre los dos máximos respiratorios, existe el pico de producción de etileno de 250 a 350 µL kg⁻¹ h⁻¹ (Badrie y Schauss, 2010).

Algunos procesos de deterioro causan a los agricultores pérdidas de hasta 40% del valor de la cosecha antes de que lleguen al consumidor (Kitinoja *et al.*, 2011). Las actividades bioquímicas y fisiológicas como firmeza y velocidad de respiración, entre otras; son irreversibles una vez iniciadas y solo pueden retrasarse o disminuir su velocidad con la aplicación externa de ciertos procedimientos para el control de la maduración que pueden ser hasta genéticos (Omboki *et al.*, 2015). Sunil *et al.* (2010) estudiaron la fisiología poscosecha y la tecnología de los frutos *Annona*, concluyendo que, al ser frutos climatéricos caracterizados por su elevada respiración y producción de etileno, son sensibles a muy bajas temperaturas, por lo tanto, surgió la necesidad de la aplicación de nuevos métodos de conservación, como los de películas o recubrimientos comestibles.

En cuanto a las tecnologías de manejo poscosecha, existen estudios del uso de la refrigeración, el envasado en atmósfera modificada, recubrimientos comestibles e inhibidores del etileno (Lima y Alves, 2011). Frutos de guanábana almacenados por más de 4 a 5 días a temperaturas menores de 13 °C causan daño por frío, pero la aplicación de cubiertas comestibles que favorecen una mayor vida de anaquel, impulsando la combinación del uso de temperatura y cubiertas comestibles (Bello *et al.*, 2016). Los recubrimientos comestibles forman una fina capa sobre el alimento que actúa como barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua, de esta manera mejoran las propiedades mecánicas, mantienen la integridad estructural del producto y retienen compuestos volátiles (Barco *et al.*, 2011).

Aguirre (2015) menciona que los recubrimientos son definidos como una fina capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos. Entre las ventajas que ofrecen los recubrimientos comestibles están las propiedades antimicrobianas, permeabilidad selectiva a gases (CO₂ y O₂), mejor apariencia, buenas propiedades mecánicas, biodegradabilidad (Durango *et al.*, 2011). Los recubrimientos comestibles de origen natural, son inocuos, no causan riesgos a la salud del consumidor (Quintero *et al.*, 2010). Entre los materiales utilizados para la elaboración de recubrimientos naturales se encuentran los polisacáridos, como pueden ser el almidón, la pectina y quitosano (Vitón, 2017).

En particular, el quitosano que es un polímero natural derivado de la desacetilación de la quitina con propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad y formación de películas, de gran aplicación en el campo de la industria alimentaria por su actividad antifúngica y antimicrobiana (Blanquicet *et al.*, 2015., Ayala, 2014). Los recubrimientos e inmersiones de quitosano han sido aplicados en fresa, mejorando el índice de sabor (mayor dulzura), y menor acidez (Madera *et al.*, 2019). Ortiz *et al.* (2019) mencionaron que en melón reduce la tasa de respiración, preserva atributos de calidad y sensoriales. En durazno retarda el proceso de maduración, mantiene mayor firmeza (Jiao *et al.*, 2019).

En frutos de plátano el quitosano prolonga la aparición del pico climatérico, hay una menor tasa de respiración; en guayaba mitiga daños por frío, retiene mayor firmeza, reduce la emisión de CO₂, retrasa la maduración, en arándanos incrementa la capacidad antioxidante y en ciruela preserva la calidad en general e incrementa las enzimas antioxidantes (Liu *et al.*, 2014., Nurul *et al.*, 2016., Arce *et al.*, 2016., Yang *et al.*, 2014). Actualmente, el uso del quitosano ha sido justificado tecnológicamente en programas de agricultura sostenible, ya que no causa problemas de salud ni de seguridad alimentaria. En el sector de productos frescos, el reglamento EU 2014/563 incluye, en primer lugar, al cloruro de quitosano como sustancia básica para productos fitosanitarios (Reglamento EU 2009/1107, Romanazzi y Feliziani, (2016).

El quitosano se ha evaluado como un recubrimiento en frutos, pero principalmente combinado con compuestos orgánicos como aceites esenciales, ácidos orgánicos, compuestos inorgánicos como nanomateriales de naturaleza inorgánica u orgánica, iones de metal, así como agentes de control biológico o complementos de tratamientos remediales como agua caliente, tratamientos hipóbaricos, fumigación con gas o empaçado con atmósfera modificada (Jianglian y Shaoying, 2013; Bautista *et al.*, 2017). Por lo tanto, la incorporación de aceites esenciales de canela, naranja y limón a recubrimientos con base de quitosano ha demostrado ser efectiva para prolongar la vida de anaquel de fresas (7 a 15 días a 5 °C), pepinos (21 días a 10 °C), jujube (20 días a 4 °C), pimiento morrón (35 días a 8 °C) y mango (11 días a 4 °C) (Xing *et al.*, 2011; Perdones *et al.*, 2012; Rico *et al.*, 2012; López *et al.*, 2012; Mohammadi *et al.*, 2015).

En general, los frutos tratados con los recubrimientos funcionalizados con aceites esenciales disminuyen su tasa de respiración, mantienen su firmeza y calidad (pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y color) (Anaya *et al.*, 2020). Lo anterior, se ha atribuido a la naturaleza lipofílica de los aceites esenciales y al incremento del carácter hidrofóbico del recubrimiento, que eventualmente contribuye a retardar la maduración y deshidratación del fruto (Rinaudo, 2008; Mohammadi *et al.*, 2015). Así que al formular recubrimientos comestibles con quitosano y adicionar a las

formulaciones aceites esenciales se evita el desarrollo de microorganismos, se prolonga la vida de anaquel de los productos agrícolas y se mantienen las propiedades sensoriales de éstos (Ramos *et al.*, 2010).

Jianglian y Shaoying, (2013) mencionan que la aplicación de quitosano como recubrimiento aporta buenos resultados en cuanto a reducción de pérdida de masa fresca y mejora de la calidad de las frutas, aunque están muy relacionados con el tipo de fruto, cultivar, condiciones de almacenaje, combinación con otros tratamientos poscosecha y la naturaleza, peso molecular y grado de desacetilación del quitosano. Por lo tanto, el quitosano es capaz de formar una película en una superficie tras su aplicación, lo que ha dado lugar a investigaciones de las aplicaciones de este polímero natural, así que posible formar películas de quitosano con buenas propiedades físicas y mecánicas a partir de sus disoluciones en ácidos diluidos, tales como fórmico, acético o propiónico (Salazar y Valderrama, 2013). Gartner y López (2010) indican que la disminución en el peso molecular del quitosano, hace que las cadenas más pequeñas pueden ser más flexibles, por lo tanto, presentan mayor rigidez a mayor peso molecular y menor fuerza iónica, así que el cambio en el peso molecular altera drásticamente la flexibilidad de la cadena. Considerando estas características en este trabajo se estudiaron algunos aspectos antes mencionados del peso molecular y su relación con la poscosecha de guanábana.

2. OBJETIVO

Evaluar los cambios físicos, químicos y fisiológicos que muestra la guanábana después de las aplicaciones con recubrimientos de quitosano con aceite esencial de canela a baja temperatura, para proponer mejoras en la vida útil del fruto.

2.1 Objetivos específicos

- Evaluar los cambios fisiológicos del fruto con quitosano de diferente peso molecular mezclado con aceite de canela.
- Analizar la actividad enzimática de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular mezclado con aceite de canela.
- Evaluar la respuesta de la actividad antioxidante por el método de DPPH, FRAP, ABTS y vitamina C de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular mezclado con aceite de canela.

3. HIPÓTESIS

Los frutos de guanábana cubiertos con una mezcla de quitosano (Q) de un peso molecular de 8 y 50 kDa + 0.1% de aceite de canela (AC) a 16 °C, permitirán mostrar las mejores características de calidad que ayudarán a incrementar la vida útil del fruto de guanábana.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización y material vegetal

Se colectaron frutos de guanábana de árboles a pie franco de una huerta comercial de 15 años de edad localizada en Tepic, Nayarit, México (21°32'2.77" N, 104°58'39.73"O, 893 m) (INEGI, 2020; Jiménez *et al.*, 2016). Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica, cuando los frutos tenían más de 160 días después de la antesis y un color de epidermis ligeramente amarillento o ligeramente verde (Balois *et al.*, 2018). Los frutos fueron transportados a granel al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos vía terrestre. Los frutos fueron seleccionados con el fin de que no tuvieran magulladuras, daño por insectos o patógenos.

4.2 Organización experimental

El experimento consistió en 4 tratamientos y en cada tratamiento 20 frutos. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Quitosano (Q) 8 kDa al 1 %, 2) Q de 8 kDa al 1 % + 0.1 % aceite de canela (AC), 3) Q de 50 kDa al 1 %, 4) Q de 50 kDa al 1 % + 0.1 % de AC, 5). Frutos sin quitosano almacenados a 16 °C, todos estuvieron a una temperatura de 16 °C, HR 90 %. Adicionalmente, se tuvo un grupo de guanábanas (20 frutos) donde no se aplicó ningún tratamiento y se utilizó como frutos testigo o control con temperatura ambiente (20 °C, HR 60 %) (Testigo 20 °C).

La solución de quitosano se preparó como lo indica Martínez *et al.* (2010) con algunas modificaciones por Rodríguez *et al.* (2012), se generó al disolver 1 g de quitosano en 100 mL de ácido acético comercial (Clemente Jacques®, México), paso seguido, se añadió 0.1% de aceite de canela, y se agitó 1 h a temperatura ambiente (20 °C, HR 60 %). La unidad experimental fue un fruto, con cinco repeticiones por evaluación. El diseño experimental fue completamente al azar.

4.3 Variables evaluadas

4.3.1 Velocidad de respiración y producción de etileno

La velocidad de producción de respiración (CO₂) y producción de etileno se cuantificaron mediante un sistema estático (Salveit, 2016) que consistió en colocar un fruto de masa conocida en recipientes capacidad de 6300 mL, cerrados herméticamente durante 3 h. Posteriormente, se tomó 1 mL de gas del espacio de cabeza a través de la septa de los frascos, para inyectarlo a un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A System GC EUA.), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (FID) a una temperatura de 170 °C y otro de conductividad térmica (TCD) a 170 °C, como gas acarreador se utilizó N₂ (2 mL/min).

El inyector y horno del cromatógrafo mantuvo una temperatura de 150 y 80 °C respectivamente, durante las mediciones. Para la cuantificación se utilizaron estándares de CO₂ (460 ppm) y etileno (100 ppm) (Quark INFRA® MX).

4.3.2 Firmeza

Las mediciones fueron en la parte ecuatorial del fruto. Se midió al retirar una porción de la epidermis en dos lados opuestos de la parte ecuatorial del fruto con una estación de pruebas EZ Test modelo: SM-100N-168, Shimadzu® (Scientific Instruments-Japón) donde se evaluó la fuerza máxima para penetrar 5 mm a una velocidad de 5 mm s⁻¹ y con un puntal cónico de 0.7 cm. De los cuales se procuró que la sonda no tocara a la semilla, los resultados se expresaron en Newton (N) (Jiménez *et al.*, 2016).

4.3.3 Pérdida de peso

Los frutos de guanábana se pesaron en una balanza digital (OHAUS®, EUA). El peso inicial se comparó con el registrado en cada fecha de evaluación que se realizaron durante los 11 días de evaluación y se calculó el porcentaje acumulado de pérdida de peso del fruto con la fórmula siguiente (Márquez *et al.*, 2012):

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \times 100$$

4.3.4 Sólidos solubles totales

Se determinó con refractómetro digital ATAGO-PAL 1®, Japón (0 a 45%) (Gómez *et al.*, 2012). Se calibró con agua destilada las muestras se determinaron a partir de 1 g de pulpa sin semilla del fruto y se presionó hasta obtener unas gotas de jugo, con un exprimidor ATAGO-RE29401®, Japón, obteniendo los datos y posteriormente se enjuagó el refractómetro con agua destilada para la siguiente lectura. Los resultados se reportan como °Brix.

4.3.5 Acidez titulable

Se obtuvo por medio de la técnica de la A.O.A.C. (Anónimo, 1984). Se pesó en una balanza analítica (OHAUS®, EUA) 1 g de pulpa y se licuó en 10 mL de agua destilada con un Ultraturrax (IKA®, EUA), el homogenizado se filtró. Posteriormente, se tomaron 5 mL del filtrado para titularse con hidróxido de sodio (NaOH) (0.1 N) con la ayuda de un agitador magnético (Thermo Fisher Scientific®, EUA) y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína (2 %) como indicador del pH en soluciones ácidas. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico (Ladaniya, 2008) que se calculó con la fórmula siguiente:

$$\text{Acidez titulable (\%)} = \frac{(\text{Titulación}) \times (N) \times (VT) \times (PEAM) \times (100)}{(VMT) \times (VP) \times 1000}$$

Donde:

-Titulación = Volumen de NaOH utilizado para titular la muestra.

-N=Normalidad del NaOH (0.1).

-VT= Volumen de la muestra (1 g) + agua destilada (10 mL).

-PEAM= Peso equivalente del ácido málico (67).

-VMT= Alícuota utilizada para titular (5 mL).

-VP= Peso de muestra (1 g).

4.3.6 Índice de sabor

Los sólidos solubles totales y acidez titulable (SST/AT). Esta variable se obtuvo dividiendo los SST entre AT (Ladaniya, 2008).

4.3.7 Color de epidermis

El color de la epidermis del fruto se midió con un espectrofotómetro de esfera (X-rite®, Mod. SP64, EUA). El color se determinó marcando tres aéreas con forma circular distribuidas por todo el fruto después de aplicar el tratamiento y posteriormente se realizaron las lecturas con el espectrofotómetro en la misma posición. Se registraron los valores de Luminosidad (L^*), cromaticidad (C^*) y matiz (h) (Neguerula, 2012). El color de la epidermis del fruto se determinó diariamente durante el periodo de evaluación (11 días).

4.3.8 Proteína soluble

La proteína soluble se realizó mediante polvo de acetona, el cual se obtuvo a partir de 5 g de pulpa de guanábana, que se homogenizaron en 10 mL de acetona fría con un Ultra Turrax (IKA®, USA), posteriormente, la mezcla se filtró en un embudo de kitasato con papel filtro, este proceso se repitió 2 veces hasta obtener un polvo homogéneo, se dejó reposar 30 a 60 min para la evaporación total de la acetona. El porcentaje de proteína se analizó por el método de Bradford (1976). Específicamente se mezclaron 0.5 g de polvo de acetona con 5 mL de buffer Tris-HCl 0.1 M (pH 7.1), en frío. La mezcla se centrifugó a 12 000 g por 20 min a una temperatura de 4 °C. A una alícuota de 0.1 mL del sobrenadante se le adicionaron 5 mL del reactivo de Bradford (diluyendo 100 mg de Coomassie Blue, 50 mL de etanol al 95%, 100 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85 %, y se aforó a 1 litro con agua destilada), se agitó y registró lectura después de 2 min y 1 h, a una absorbancia a 595 nm en el espectrofotómetro (HACH DR 5000®, EUA). La cuantificación se registró mediante una curva de calibración con albúmina de bovino.

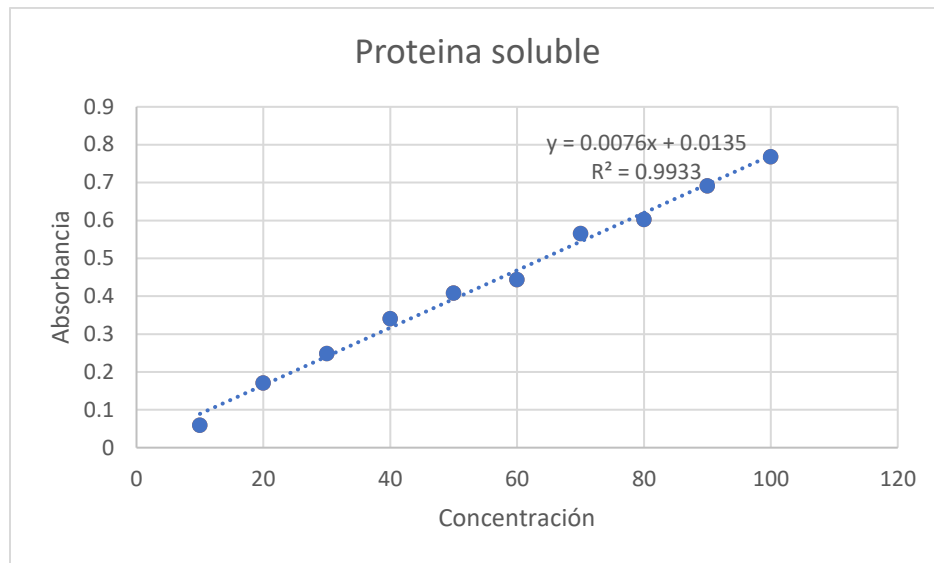


Figura 1. Cuantificación de proteína soluble, mediante de una curva patrón de 0 a 100ppm con albumina de bovino.

4.3.9 Enzima polifenol oxidasa (PFO)

Se evaluó mediante el método propuesto por Laminkara (1995). La enzima se extrajo a partir de 2 g de pulpa fresca con 5 mL de solución extractora Trizma HCl (Tris-HCl) 100 mM (pH 7.1), fría, que contenía 1 % de polivinil pirrolidona (PVP). La pulpa en solución Tris-HCl se trituró durante 30 s en un homogeneizador de tejidos; posteriormente, la mezcla se centrifugó a 10 000 g por 20 min a una temperatura de 4 °C. Se cuantificó el cambio de absorbancia en 0.2 mL del sobrenadante, en 1.33 min, a 420 nm, en un espectrofotómetro. Al sobrenadante se le agregó 3 mL de catecol (20 mM) disuelto en solución Tris-HCl y todo se mantuvo entre 20 y 22 °C. La actividad enzimática se presentó en unidades internacionales por gramo de tejido fresco ($U \cdot g^{-1}$), y cada unidad de PFO cataliza la síntesis de un $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$ de O-benzoquinona.

4.3.10 Fenoles totales

El contenido total de fenoles se determinó con el método propuesto por Folin & Ciocalteu. Se trituró 1 g de pulpa fresca, 10 mL de agua destilada con un Ultra Turrax (IKA®, EUA) y, posteriormente, se centrifugó a 10, 000 g durante 15 min a 4 °C. Se tomó 0.5 mL del filtrado y se mezcló con 2.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10), posterior a 5 min, se adicionaron 2 mL de carbonato de sodio a 7.5 % (p/v) y se dejó reposar durante 2 h; después se realizaron las lecturas en un espectrofotómetro (HACH DR 5000®, EUA) a 760 nm.

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico (EAG) 100g⁻¹ de peso fresco (Singleton *et al.*1999).

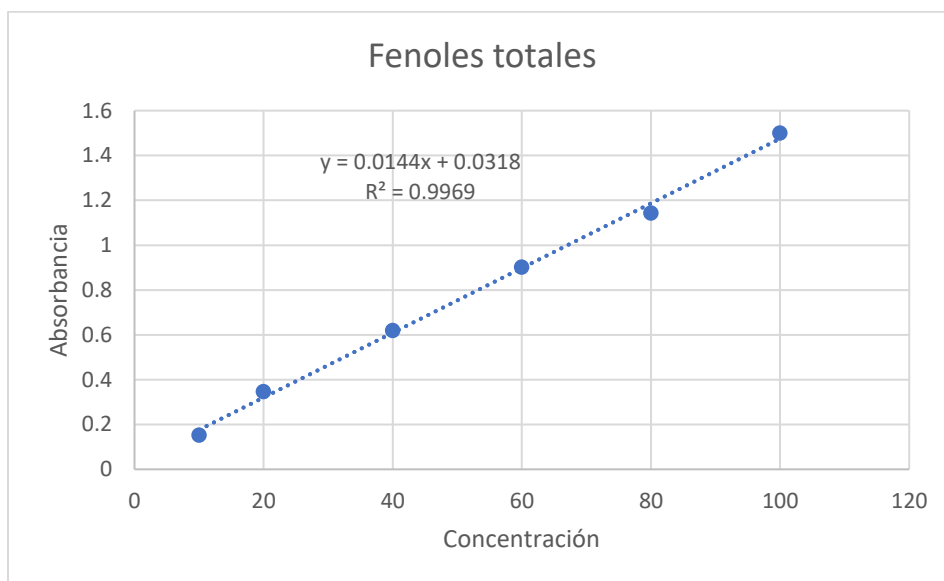


Figura 2. Cuantificación de fenoles totales, mediante de una curva patrón de 0 a 100ppm con ácido gálico.

4.3.11 Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH

Se utilizó la metodología propuesta por Brand *et al.* (1995), con mínimas modificaciones, este método consistió en colocar una celda de cuarzo de 3 mL de una solución de DPPH metanólica 6.1×10^{-5} M (Sigma Aldrich, EUA) y se hizo reaccionar con 100 μ L de solución de muestra, la mezcla se dejó reposar en la oscuridad durante 30 min y se leyó a 517 nm el cambio de absorbancia. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} .

4.3.12 Determinación de la capacidad antioxidante por la técnica de ABTS

Se preparó ABTS (Sigma-Aldrich, EUA) 7 mM y persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) a 2.45 mM y se mezclaron 1:1, se dejó reposar durante 16 h. Se diluyó con etanol 20 %, hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. Se agregó 3 mL de ABTS con 100 μ L de muestra y se dejó reaccionar durante 15 min, se leyó la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} peso fresco (Re *et al.* 1999).

4.3.13 Capacidad antioxidante de reducción férrica (FRAP)

Se empleó la metodología desarrollada por Benzie y Strain (1996): se preparó el reactivo FRAP (TPTZ, FeCl_3 y amortiguador de acetato) se mezcló 1.8 mL de FRAP con 140 μ L de agua destilada y 60 μ L de muestra, se dejó reaccionar durante 30 min a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ y transcurrido el tiempo de reacción se leyó la absorbancia a 593 nm los resultados se expresaron en mg equivalente de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} peso fresco.

4.3.14 Vitamina C

Se usó la metodología propuesta por da Silva *et al.* 2017, para el análisis de vitamina C, donde se tomó a una muestra de 1 g de pulpa de frutos de guanábana y 10 mL de agua destilada, y se homogenizaron con un Ultraturrax (IKA®, EUA) posteriormente, se centrifugó a 10 000 g durante 15 min. Se tomó 1 mL de muestra, 1 mL de acetato–urea, 3 mL de solución compleja y 5 mL de etanol. Se midió la absorbancia a 545 nm. La curva de calibración se realizó usando ácido ascórbico y los resultados se expresaron en mg equivalente de ácido ascórbico (EAA) 100 g⁻¹ peso fresco.

4.4. Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey (0.05). Los análisis se realizaron con el programa Sigma Plot V. 14 (Systat, San Jose, CA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Velocidad de respiración

El análisis de varianza detectó diferencias significativas en la velocidad de respiración entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0.05$). Los frutos almacenados a 20 °C mostraron mayor velocidad de respiración que los frutos almacenados a 16 °C con una película Q de diferente peso molecular 8 y 50 kDa + AC (Figura 3). El máximo de producción de CO₂ de los frutos testigo a 20 °C, fue en el sexto día después de la cosecha con 3.08 mL kg⁻¹h⁻¹ (Figura 3). Montalvo *et al.* (2014) y Ming y Muda (2019) indican que el máximo de producción de CO₂ en guanábana es entre los 4 y 6 días a una temperatura de 25 °C.

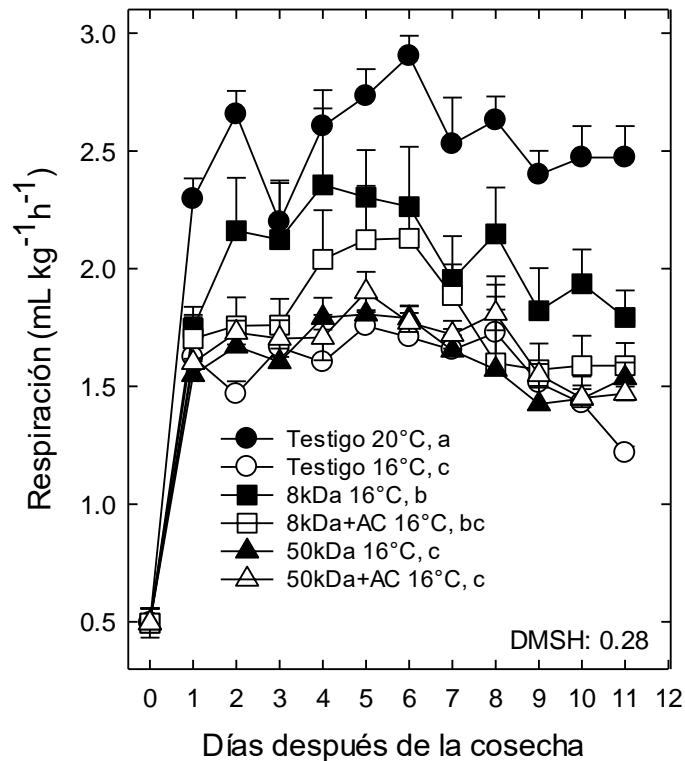


Figura 3. Velocidad de respiración en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

En cuanto a los frutos testigo sin cubierta de quitosano y almacenados a una temperatura de 16 °C registraron menor actividad en la respiración en comparación de los frutos con recubrimientos desde el segundo día de la evaluación con valores de 1.46 mL kg⁻¹h⁻¹ (Figura 3). Magaña (2004) menciona que este comportamiento se le puede atribuir al estrés causado por la conservación en frío, como lo fue en frutos de pitahaya en frigoconservación, donde se observó que en las frutas almacenadas a 4 y 8 °C, registraron tasas de respiración más elevadas que los frutos testigo. Se ha señalado que esa disminución de la actividad respiratoria pudiera deberse, a una respuesta metabólica a las bajas temperaturas de almacenamiento y/o a una consecuencia de la alteración de la membrana mitocondrial (Purvis, 1980; Raison, 1980).

Algunos autores indican que esta fisiopatía en guanábana se induce a temperaturas inferiores a 15 °C (Reginato y Lizana, 1980)., mientras que otros han observado síntomas a 16 °C (Guerra *et al.*, 1995). Los frutos con recubrimiento de Q de 8 kDa y Q +AC de 8 kDa disminuyeron entre 18 y 28.5 % la respiración comparada con los frutos testigo. En tanto, en los frutos cubiertos con Q 50 kDa, Q + AC de 50 kDa y los frutos sin cubierta, pero almacenados a 16 °C, la velocidad de respiración disminuyó entre 33.2 y 40.8 % con respecto al testigo (Figura 3). El fruto de guanábana es climatérico, los periodos de almacenamiento prolongados aun no son posibles debido al ablandamiento acelerado, aunado a su actividad metabólica (Jiménez *et al.*, 2017).

Castillo *et al.* (2005) indicaron que la actividad respiratoria en frutos de guanábana encerados con candelilla 170 y almacenados a 20-22 °C, retrasó la aparición del pico climatérico un día, limitando este proceso fisiológico en 20 %. En la presente evaluación, la película de Q + AC de 50 kDa mostró que el pico climatérico decreció 40.8 % en la velocidad de respiración, por lo tanto, las películas de Q y Q+ AC de 50 kDa a una temperatura de 16 °C aplicadas en la epidermis de los frutos crean una modificación del intercambio gaseoso, procesos naturales de la respiración. En este sentido, los recubrimientos ayudaron a retrasar la presencia de CO₂ y comportamientos referentes a daño por frío en respiración (Figura 3).

5.2 Producción de etileno

El análisis de varianza detectó diferencias significativas en la producción de etileno entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0.05$). Los frutos testigo sin recubrimiento almacenados a 20 ° C tuvieron mayores concentraciones de etileno que los frutos que estuvieron almacenados a 16 °C (Figura 4). En los frutos testigo el etileno se detectó a partir del tercer día con 11.63 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, aumentando hasta 69.81 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ el día cinco, el máximo de producción de etileno se detectó al octavo día con valores de 79.61 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ (Figura 4). En frutos sin recubrimiento, pero almacenados a 16 °C la producción de etileno se detectó al sexto día, y se incrementó de forma constante hasta alcanzar la máxima producción a los 11 días de almacenamiento (Figura 4).

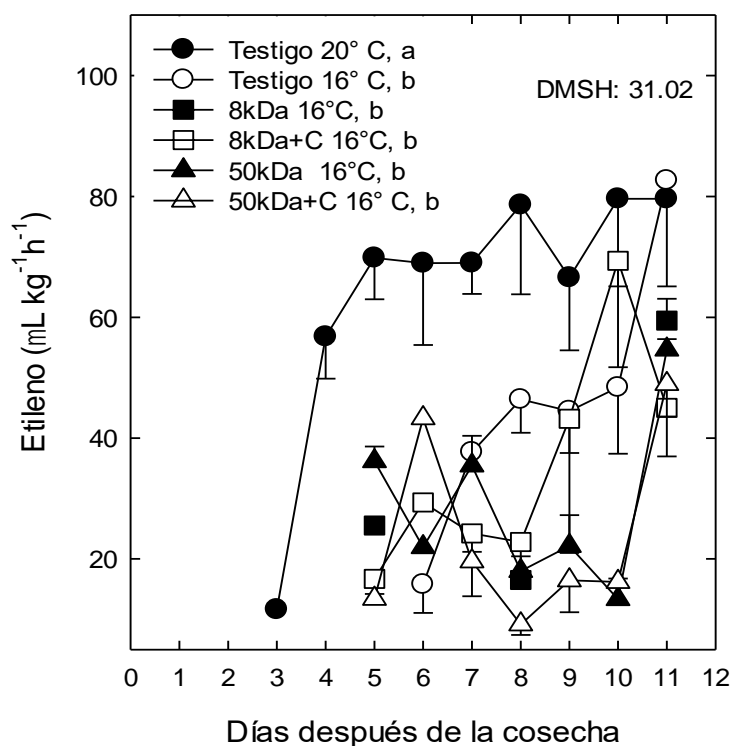


Figura 4. Etileno en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

En los frutos donde se aplicaron los recubrimientos y almacenados en refrigeración, el etileno se detectó a los cinco días. Los frutos con Q de 8 kDa y 50 kDa (16 °C) reportaron valores de 25.52 y 36.17 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ y los frutos cubiertos con Q + AC de 8 y 50 kDa a 16 °C valores de 14.30 y 13.38 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, respectivamente (Figura 4). El máximo de producción de etileno en los frutos donde se aplicaron los recubrimientos de Q y Q + AC se detectaron a los 10 o 11 días con valores entre 52.32 y 59.45 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ (Figura 4). La menor detección de etileno en los frutos con la aplicación de Q y Q + AC de 8 y 50 kDa se debe al efecto de barrera proporcionada por la película aplicada en la superficie del fruto (Montalvo *et al.*, 2014).

La menor producción de etileno también se atribuye a que las bajas temperaturas disminuyen la expresión de genes de las enzimas involucradas en la síntesis de las hormonas: ACC sintasa y ACC oxidasa, también se reporta que se afectan la actividad enzimática de ACC sintasa y la percepción y señales de traducción del etileno (Botton *et al.*, 2019), lo que es evidente en los frutos sin cubierta almacenados a 16 °C donde la producción de etileno fue detectada hasta el día 6 y en los frutos cubiertos con 8 kDa donde la detección del etileno fue intermitente entre los días 6 y 7 de la evaluación (Figura 4).

5.3 Firmeza

Los frutos con recubrimiento de Q de 8 kDa a 16 °C en el tercer día mostraron 51.67 N de firmeza, en tanto que los frutos testigo sin recubrimiento a 16 °C con 29.66 N, es decir, muestran un 57.40 % de menor firmeza (Figura 5). Al sexto día, los frutos con recubrimiento de Q de 8 kDa mantuvieron su firmeza con 21.88 N, en tanto, los frutos cubiertos con Q + AC de 8 y 50 kDa y Q 50kDa presentaron una firmeza de entre 9.62 y 12.88 N y los frutos sin recubrimientos almacenados a 16 o 20 °C perdieron su firmeza (1.2 y 3.2 N) (Figura 5). En el noveno día de evaluación los frutos con recubrimiento Q y Q +AC mostraron valores en un intervalo de 4.82 y 10.25 N, mientras los frutos sin recubrimiento almacenados a 16 y 20 °C presentaron valores menores a 4.26 N (Figura 5).

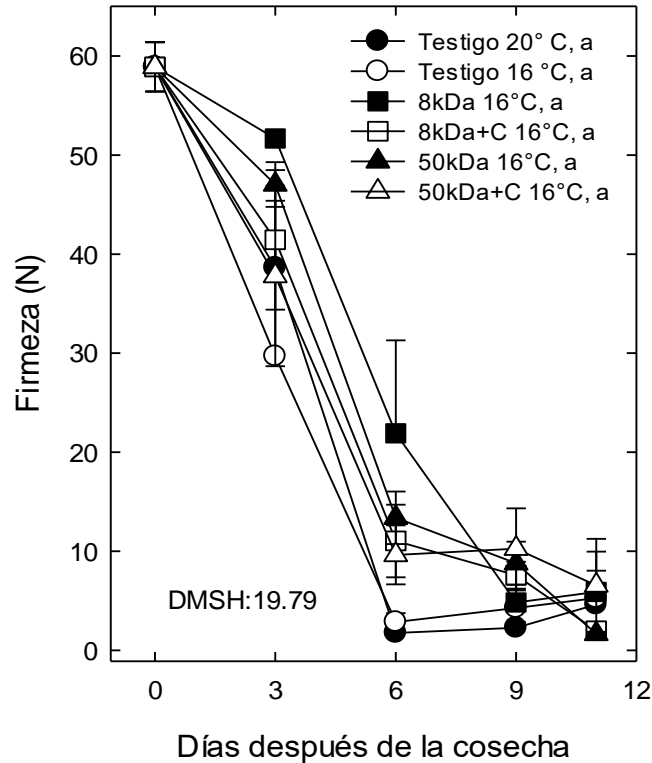


Figura 5. Firmeza en frutos de guanábana recubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Márquez *et al.* (2012) indicaron que la guanábana en madurez de consumo presenta una firmeza entre 4.72 y 7.48 N, en tanto que los frutos sobremaduros presentaron valores menores a 3.62 N. Lo anterior sugiere que entre el sexto y noveno día de evaluación los frutos con cubiertas de quitosano ya estaban en madurez de consumo y los frutos sin recubrimientos de Q almacenados a 20 o 16 °C estaban en sobremaduración. Martínez *et al.* (2017) indicaron que la retención de la firmeza puede atribuirse al retardo en la degradación de las pectinas insolubles a pectinas solubles por actividad enzimática. Ramos *et al.* (2018) reportaron que la aplicación de recubrimientos de quitosano 1 % + 0.1 mM de Metil Jasmonato + 6 mM de ácido salicílico o quitosano 0.5 % + 0.1 mM de Metil Jasmonato mantuvieron por más tiempo la firmeza de frutos guanábana almacenados a 25 °C y 90-95 % de HR.

Asimismo, Vicente *et al.* (2005) señalaron que debido a que los compuestos pectícos van presentando cambios debido a la hidrolisis provoca la actividad de diversas enzimas, la conformación de la pared celular sufre cambios.

5.4 Pérdida de peso

La pérdida de peso en los frutos sin cubierta de Q a 20 °C fue lineal, con 2.2 % de pérdida en el día dos. Los frutos con recubrimientos de Q de 50 kDa y 50 kDa +AC almacenados a 16 °C tuvieron menor porcentaje de pérdida de peso (0.79 %) en comparación con los frutos con recubrimiento de 8kDa, 8kDa +AC y sin recubrimiento de Q a temperatura de 16 °C, con una pérdida de peso de 1.80, 1.06 y 0.81 % (Figura 6). Baldwin *et al.* (1999) y Valera *et al.* (2011) indicaron que la barrera protectora formada por los recubrimientos ayuda a disminuir la deshidratación durante almacenamiento, reduciendo la pérdida de peso.

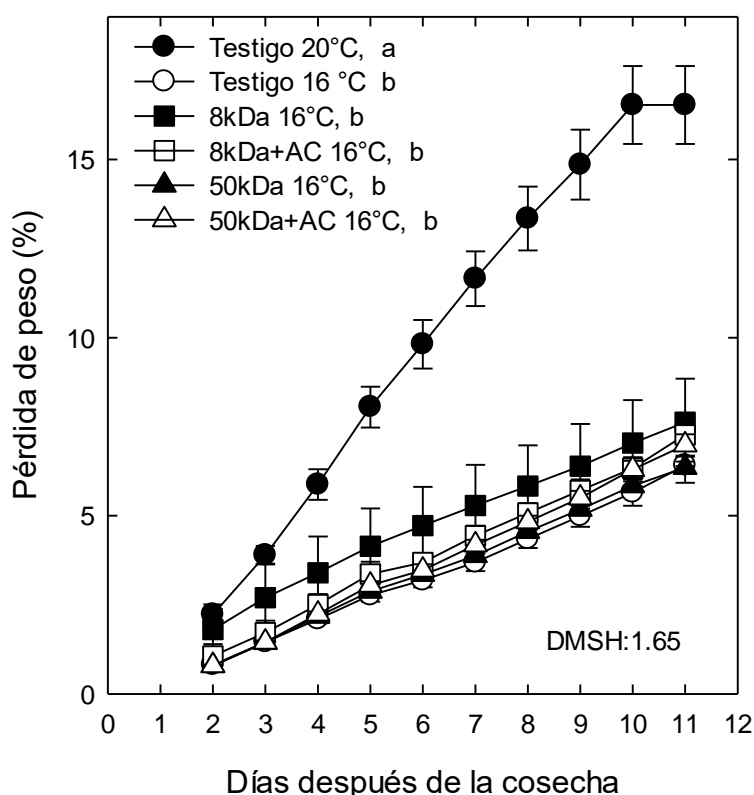


Figura 6. Pérdida de peso en frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Los frutos sin recubrimientos a 20 °C mostraron una pérdida de 3.89 % en el tercer día de muestreo y para el día diez se incrementó hasta 16.52 % (Figura 6). Los frutos sin cubierta de Q almacenados a 16 °C mostraron 1.45 y 5.65 % al tercer y décimo día de muestreo, mientras que en los frutos tratados con Q de 8 kDa y Q + AC de 8 kDa se observó una pérdida de 2.71 y 1.71 % al tercer día y de 7.04 y 6.33 % al décimo, finalmente, los frutos Q 50 kDa y Q +AC de 50 kDa mostraron inicialmente una pérdida de 1.44 y 1.45 %, hasta alcanzar 5.83 y 6.29 % en el último día de evaluación (11) (Figura 6). El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre tratamientos con y sin recubrimientos Q, Q+AC de 8 y 50 kDa a 16 °C (Figura 6).

De los Santos *et al.* (2020) indicaron que los frutos de guanábana almacenados a 15 °C por 4 días sin recubrimiento y con recubrimiento al 2 % de almidón no mostraron diferencias significativas. De igual forma, López *et al.* (2018) reportaron que la pérdida de peso en frutos de guanábana almacenados a 16 °C (11 %) y 25 °C (24 %) tuvieron menor pérdida de peso en los frutos almacenados en refrigeración (16 °C), por lo tanto, se atribuye el efecto de la reducción de los procesos fisiológicos que son afectados por la temperatura de almacenamiento. Al día 11 los frutos sin recubrimientos a 20 °C mostraron una pérdida de 16.52 %, en los frutos sin recubrimiento almacenados a 16 °C se observó una pérdida de 6.41% (Figura 6). En los frutos de Q 8kDa y Q + AC 8kDa los valores fueron de 7.62 y 7.27 %, los frutos de Q +AC de 50 kDa presentaron un valor de 6.98% y los frutos de Q 50 kDa una pérdida menor de 6.35%. Saucedo *et al.* (2009) reportaron que los recubrimientos intervienen en la disminución de la pérdida de agua de los frutos.

5.5 Sólidos solubles totales

Los frutos almacenados sin recubrimiento de Q a 20 °C, cubiertos con Q de 8 y 50 kDa + AC, mostraron un rápido incremento en los sólidos solubles totales, obteniendo al tercer día 16.20, 14.39 y 13.07 ° Brix (Figura 7), en los días posteriores la acumulación de los SST fue más lenta, alcanzado hasta 17.88, 16.11 y 15.93 ° Brix a los 11 días de evaluación (Figura 7).

Por otra parte, los frutos sin cubierta de Q almacenados a 16 °C, y los frutos cubiertos con Q de 8 y 50 kDa a 16 °C mostraron una menor velocidad de acumulación de SST, ya que al tercer día se observó entre 10.90 y 11.80 de °Brix (Figura 7), sin embargo, la acumulación de SST fue similar a los demás tratamientos en el último día de muestreo, alcanzado entre 16.1 y 16.8 °Brix (Figura 7). Dussan *et al.* (2014) mencionan que el aumento de los SST es debido a la hidrólisis de almidones propio del proceso de maduración de frutos climatéricos. Borrero *et al.*, (1995) mencionan que las diferencias en los frutos de guanábana con la película de quitosano retrasaron un incremento en el contenido de sólidos solubles.

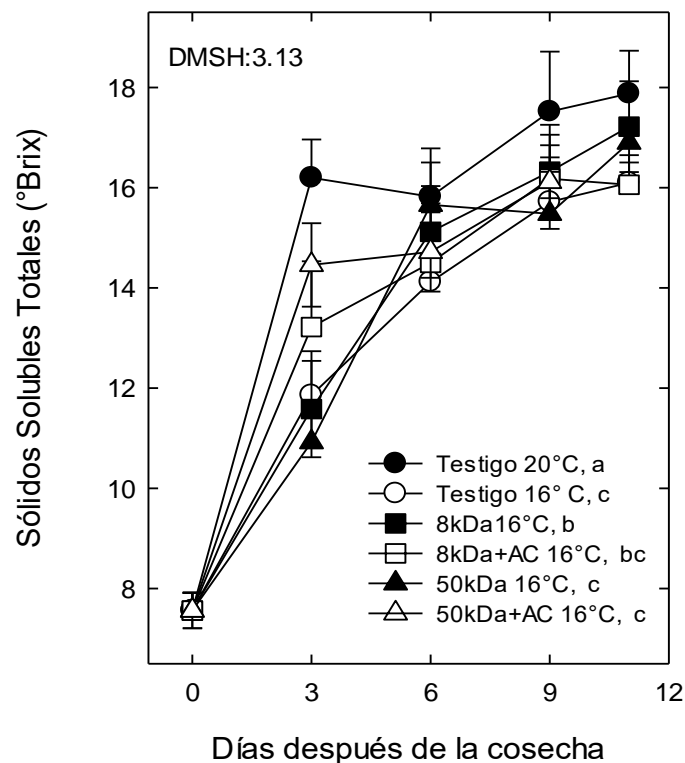


Figura 7. Sólidos solubles totales de frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

5.6 Acidez titulable

La acidez titulable en los frutos testigos sin recubrimiento de Q almacenados a 20 °C alcanzaron su máximo valor (1.14 %) al tercer día de la evaluación, posteriormente, la acidez titulable disminuyó constantemente alcanzando valores entre 0.57 y 0.63 % (Figura 8). Los frutos almacenados a 16 °C sin recubrimientos de Q y cubiertos con Q + AC a 16 °C alcanzaron su máxima acidez (entre 0.98 y 1.2 %) al noveno día y posteriormente disminuyó (Figura 8). Los tratamientos donde se aplicó Q de 8 kDa y 50 kDa almacenados en refrigeración mostraron su mayor acidez (entre 0.81 y 1.19 %) a los seis días de evaluación (Figura 8).

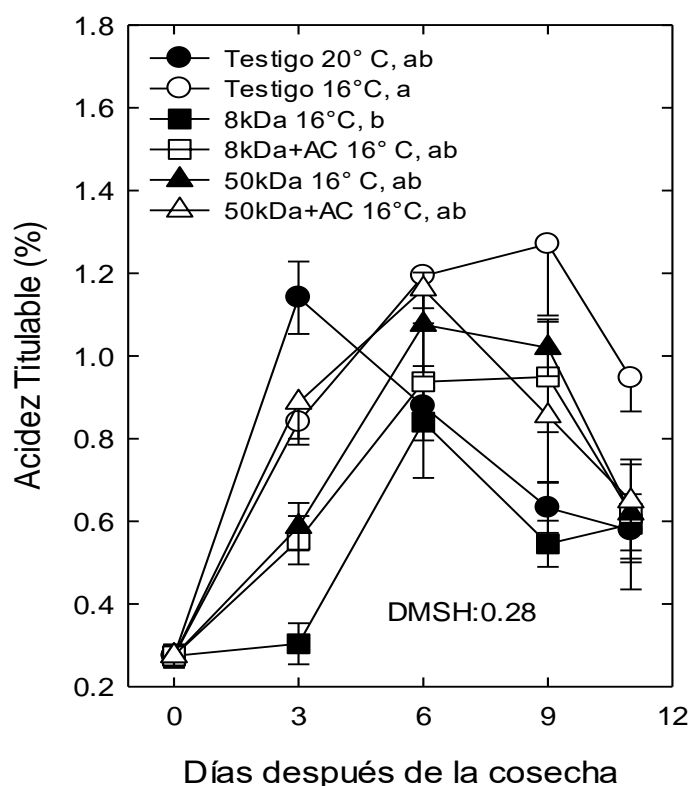


Figura 8. Acidez titulable de frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

El análisis de varianza detectó que los frutos almacenados a 16 °C cubiertos con Q de 8 kDa + AC mostraron la menor acidez comparada con los frutos sin aplicación de cubierta a 16 °C (Figura 8). Los resultados anteriores sugieren que la refrigeración y aplicación de Q de 8 kDa + AC retrasaron la acumulación de acidez titulable en los frutos. Dussan *et al.* (2014) indicaron que el aumento de acidez es por la hidrólisis de almidones propio del proceso de maduración en los frutos climatéricos durante la etapa postcosecha, estos almidones influyen no solo en la acidez sino también en el sabor y color. Adetunji *et al.* (2014), mencionan que la disminución de la acidez titulable al final del almacenamiento indica que los ácidos orgánicos se utilizan como sustrato en el proceso de respiración o en la síntesis de azúcares una vez que los polisacáridos de reserva han sido utilizados.

5.7 Índice de sabor

La relación sólidos solubles/ acidez titulable (índice de sabor o índice de madurez) es un parámetro relacionado con la palatabilidad, y es más que solo el contenido de azúcares o acidez titulable; así, la preferencia del consumidor hacia un fruto se relaciona directamente con un balance adecuado de azúcar/acidez (Ekan y Dogan, 2019). El índice de sabor en los frutos con recubrimientos de Q de 8 kDa almacenados a una temperatura de 16 °C y los frutos sin almacenar y sin recubrimiento de Q (testigo a 20 °C) disminuyeron el índice de sabor de 28.30 a valores entre 14.40 y 20.04 después de tres días de evaluación, posteriormente, el índice de sabor se incrementó hasta alcanzar valores entre 40.07 y 42.89 a los 11 días de evaluación (Figura 9).

En los frutos recubiertos con Q de 8 y 50 kDa+AC, con Q de 50 kDa o sin recubrimientos y almacenados a 16 °C el índice de sabor disminuyó del inicio del experimento a los seis o nueve días, y posteriormente aumentaron hasta alcanzar entre 26.7 y 31.61 a los 11 días de evaluación; con excepción de los frutos sin recubrimiento de Q, los cuales solo alcanzaron un índice de sabor de 16.39 (Figura 9).

Estos resultados sugieren que el almacenamiento por 11 días a 16 °C afectó el metabolismo de azúcares y acidez titulable, y las cubiertas con Q amortiguaron el daño por este fenómeno fisiológico, con mayor evidencia en los frutos cubiertos con Q de 8 kDa (Figura 9).

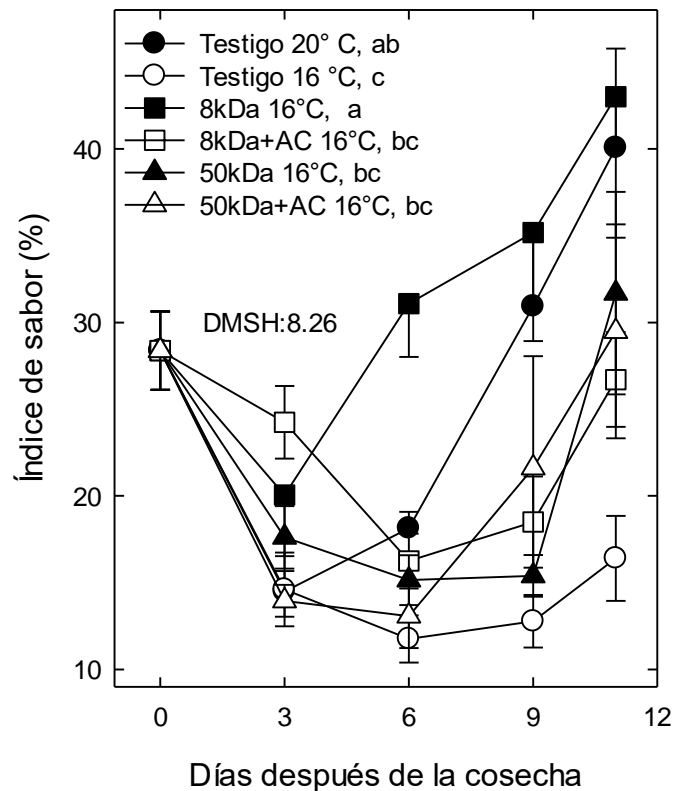


Figura 9. Índice de sabor de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Velazquez *et al.* (2016) mencionan que la proporción SST/AT indica lo dulce o amargo de un fruto; por lo tanto un incremento en el valor de la proporción corresponde a una disminución de la acidez y mayor contenido de sólidos solubles totales. Así que los frutos con un sabor de pulpa más dulce y agradable fueron los cubiertos con Q de 8 kDa a 16° C y los frutos sin recubrimiento de Q a 20 °C, en tanto que los frutos cubiertos con Q + AC a 16 °C indican que la proporción de SST/AT hace que sean menos dulces y agradables.

Tietel *et al.* (2012) mencionan que las temperaturas de almacenamiento bajas tienen gran influencia en el sabor del fruto, y se puede presentar disminución en la aceptabilidad sensorial después del almacenamiento en refrigeración.

5.8 Color de epidermis y apariencia de la fruta

5.8.1 Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*) y Matiz (h)

La luminosidad de los frutos testigo sin Q almacenados a 20 °C incrementaron la luminosidad de (L*) = 33.86 en el primer día de evaluación a (L*)= 43.10 al día siete, disminuyendo la luminosidad hasta 35.2 en el día once (Figura 10 A). Los frutos sin Q y almacenados a 16 °C y cubiertos con Q de 50 kDa mostraron similar tendencia que los frutos testigo a 20 °C, alcanzando su máxima luminosidad entre (L*)= 40.8 y 41.46 a los 7 y 8 días de evaluación (Figura 10 A). El resto de los tratamientos mostraron menor luminosidad alcanzando valores máximos de (L*) = 38 y 39 a los 7 y 8 días (Figura 10 A).

Lem *et al.* (2017) indican que los valores de luminosidad en la epidermis de frutos de guanábana se incrementan de 40.17 a 49.21 cuando los frutos son cosechados entre 16 y 20 semanas después de antesis. Benkeblia y Emanuel (2014) mencionan que, durante la maduración de los frutos de guanábana, estos tienden a perder brillo, pero no indican valores, en el presente estudio se observó un incremento de (L*) en la parte inicial de la maduración y después de 7-8 días de evaluación disminuyó, con mayor evidencia en los frutos donde se aplicó Q de 8 kDa (Figura 10 A). Minh *et al.* (2019) observaron que los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos disminuyen el oscurecimiento retrasando la actividad enzimática de la peroxidasa (POD) y polifenol oxidasa (PFO).

La cromaticidad de los frutos de guanábana sin Q a 20 °C incrementó la pureza del color (C^*)= 21.51 en el día ocho y posteriormente disminuyó hasta (C^*)= 18.26 el día final de la evaluación; los frutos sin Q a 16 °C mostraron la mayor pureza (C^*) = 23.60 en el noveno día de evaluación y disminuyendo posteriormente a C^* = 18.18 en el día 11 de evaluación, (Figura 10 B). Los frutos cubiertos con Q y Q + AC de 8 kDa a 16 °C, mostraron un incremento de (C^*)= 20.13 y 20.55 al séptimo día de la evaluación y disminuyendo hasta 14.63 y 12.12 en el onceavo día y finalmente los frutos con Q y Q + AC de 50 kDa a 16 °C la (C^*) incrementaron al octavo día con 22.59 y 21.63, perdiendo pureza de los frutos al día 11 (C^*)=entre 14.35 y 13.04.

Existen pocos reportes sobre el color de la guanábana, sin embargo; Julio (2018) cuantificó que los frutos de guanábana que fueron tratados con resveratrol y 6-bencil aminopurina (RVS + BAP) registraron al primer día una saturación de (C^*)=21.20 disminuyendo al día 5 a (C^*)=17.81, sugiriendo que la disminución de estos valores puede ser debido a que en la madurez las frutas de guanábana en etapa poscosecha se torna a colores oscuros opacos (Figura 10). El matiz de los frutos de guanábana sin Q a 20 °C disminuyó de (h)= 106.72 en el día inicial hasta (h)= 89.22 en el último día de la evaluación (Figura 10 C). Los frutos sin cubierta de Q almacenados 16 °C mostraron un comportamiento similar, pero la disminución fue significativamente mayor (Figura 10 C). En el color, el resto de los tratamientos también el color disminuyó entre (h)= 104.60 y 109.42 en el primer día de evaluación hasta entre (h)=72.28 y 89.22, sin mostrar diferencias significativas entre ellos (Figura 10 C).

Benkeblia y Emmanuel (2014) indican que durante la maduración de frutos de guanábana el color de la epidermis cambia de un verde oscuro a un verde ligero, lo cual corresponde a la disminución en los valores del matiz en el presente estudio, y este cambio se atribuye a una disminución en el contenido de clorofilas a y b. Lo anterior sugiere que estos cambios se aceleraron en los frutos sin cubierta de Q a 16 °C, en tanto que la aplicación de Q o Q+AC de 50 kDa favoreció un retraso en estos cambios (Figura 10 C).

5.8.2. Apariencia del fruto

Worrel *et al.* (1994) indica que cuando los frutos de guanábana alcanzan su madurez de consumo existe un incremento en el oscurecimiento de la epidermis. La apariencia del fruto fue evaluada de manera subjetiva, de tal manera que cuando el 50 % de los frutos mostraron exceso de manchas u oscurecimiento de la epidermis, marchitamiento y amarillamiento del fruto, los cuales son aspectos que no agradan al consumidor se consideraba el fin de su vida comercial. Así los frutos testigo mantenidos a 20 °C y sin aplicación de Q, tuvieron una apariencia comercial hasta entre 6 y 7 días, los frutos almacenados a 16 °C sin Q su apariencia comercial fue buena hasta entre 7 y 8 días; los frutos donde se aplicó Q de 8 kDa solo o con C la apariencia fue buena hasta por 10 d; mientras que los frutos donde se aplicó el Q de 50 kDa solo o con C la apariencia fue buena entre 8 y 9 días (Figura 11).

Lo anterior indica que la aplicación de Q y el almacenamiento a 16 °C ayudaron a incrementar la apariencia entre 2 y 3 días. Lima *et al* (2010) indican que guanábana 'Morada' almacenada a $15.4 \text{ °C} \pm 1.1 \text{ °C}$ los frutos se mantienen en buena apariencia por 8 días, en tanto que al aplicarles 1-MCP, cera o en combinación la apariencia es buena de 11 a 13 días.

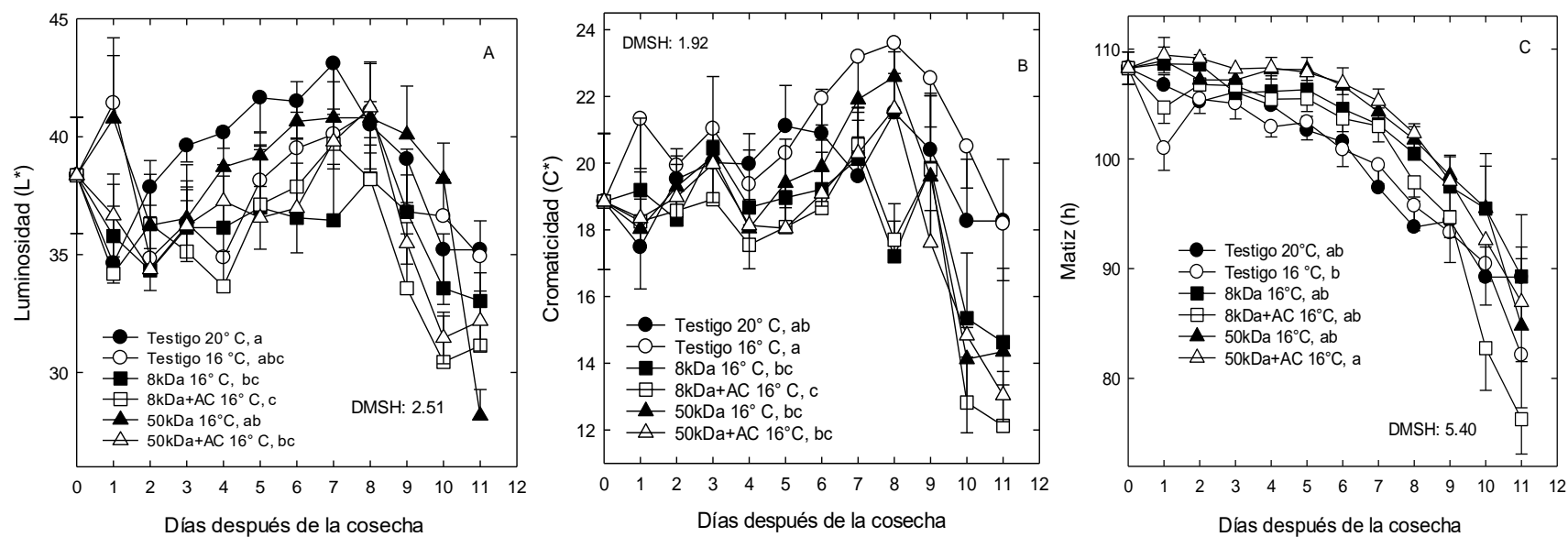


Figura 10. Luminosidad (A), cromaticidad (B) y matiz (C) de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

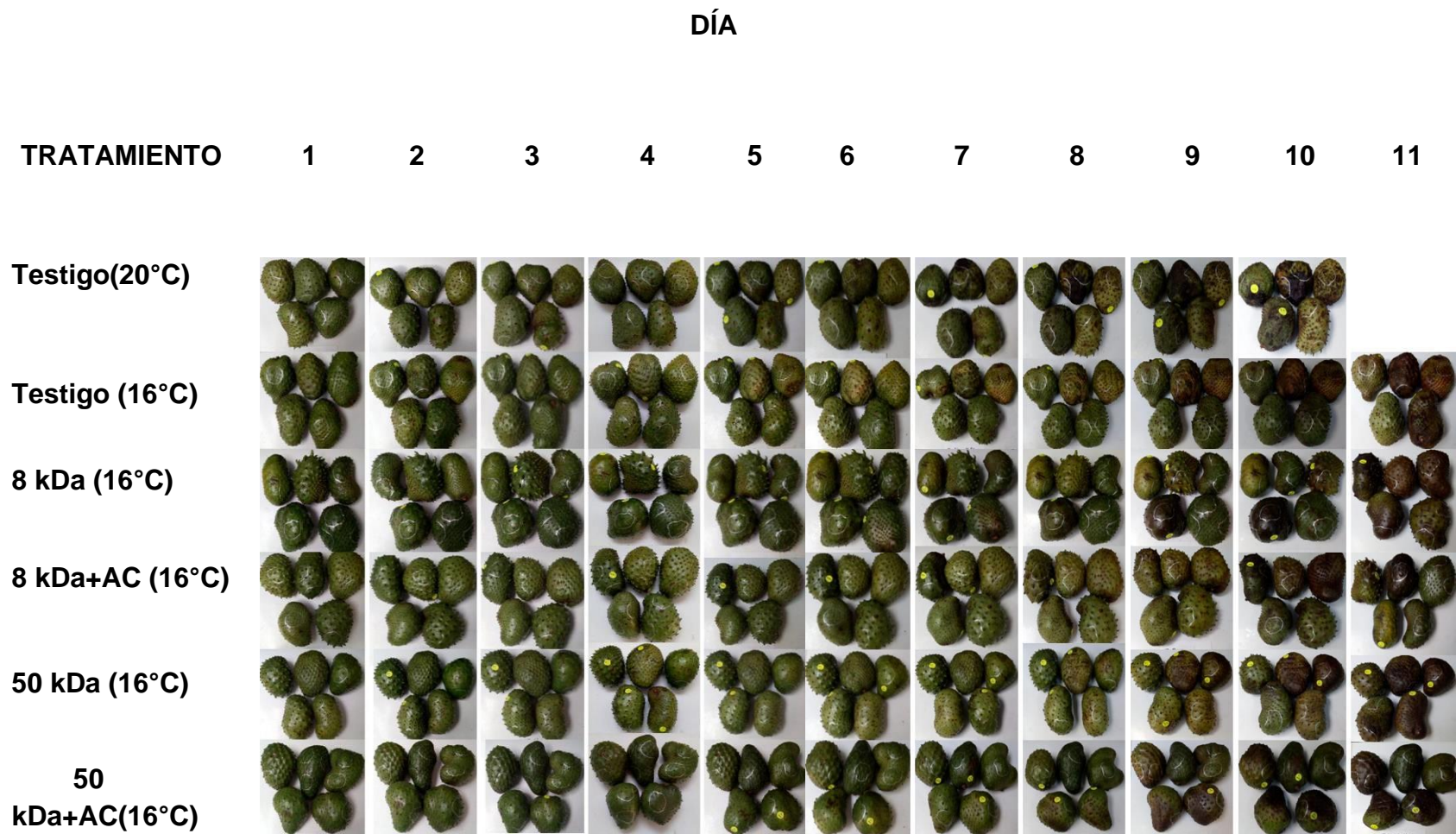


Figura 11. Apariencia de frutos de guanábana durante su evaluación de variables no destructivas (velocidad de respiración, producción de etileno, pérdida de peso y color) del día 1 al 11.

5.9 Proteína soluble

La proteína soluble se incrementó de entre 7.5 mg.g⁻¹ de peso seco (p.s). al inicio del experimento a entre 10.4 y 19.3 mg.g⁻¹ de p.s. en la pulpa de los frutos de guanábana de todos los tratamientos, a excepción de los frutos sin Q a 16 °C donde existió un descenso en el tercer día de la evaluación alcanzando 5.12 mg.g⁻¹ p.s. y manteniéndose entre 5.7 y 5.8 mg.g⁻¹ de p.s. los días seis y nueve, y finalmente disminuir hasta 2.75 mg.g⁻¹ p.s el último día de muestreo (Figura 12).

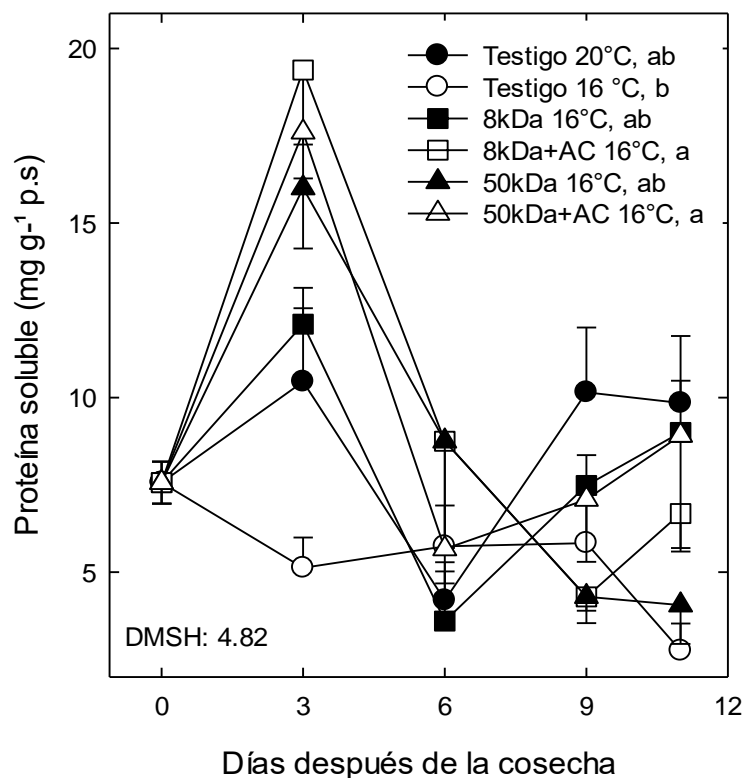


Figura 12. Proteína soluble de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Después de alcanzar el máximo de acumulación de proteína soluble, se observó una disminución a los seis o nueve días de evaluación y un incremento de menor intensidad a los nueve u 11 días (Figura 12). En el fruto de guanábana la rápida maduración es marcada por una intensa actividad metabólica, la cual es responsable para los cambios brutos que ocurren (Lima y Alves, 2011). Alia *et al.* (2005) sugieren que esto probablemente se deba a cambios metabólicos en las rutas implicadas en la síntesis de proteínas, las cuales podrían inhibirse debido a la baja temperatura a la que la fruta estuvo expuesta, como ocurrió en guanábana.

5.10 Enzima polifenol oxidasa (PFO)

A pesar de que el análisis de varianza no detectó diferencias entre tratamientos, se observó que los frutos sin aplicación de Q almacenadas a temperaturas de 20 y 16 °C aumentaron la actividad de PFO (entre 1895.93 y 2114.99 mg.g⁻¹ p.s) al día seis y posteriormente disminuyeron (entre 443.04 y 267.69 mg.g⁻¹ p.s.) al último día de la evaluación (Figura 13). Jiménez *et al.* (2017) reportan que frutos de guanábana almacenados a 15 y 22 °C, la actividad de PFO aumento durante los días 4 y 6 de almacenamiento. Steffens *et al.* (1994) mencionan que la enzima (PFO) se localiza exclusivamente en plastidios y se libera al citosol después de daños, senescencia o deterioro del órgano.

Los frutos con cubierta de Q de 8 kDa a 16 °C mostraron un aumento constante de la actividad de la enzima al paso de los días de la evaluación alcanzando valores máximos de 2,545.67 mg.g⁻¹ p.s hasta el día once (Figura 13). Los frutos donde se aplicó Q +AC de 8 kDa a 16 °C alcanzó un máximo al noveno día con 1250.44 mg.g⁻¹ p.s. y posteriormente disminuyó el último día con 908.81 mg g⁻¹ p.s. (Figura 13).

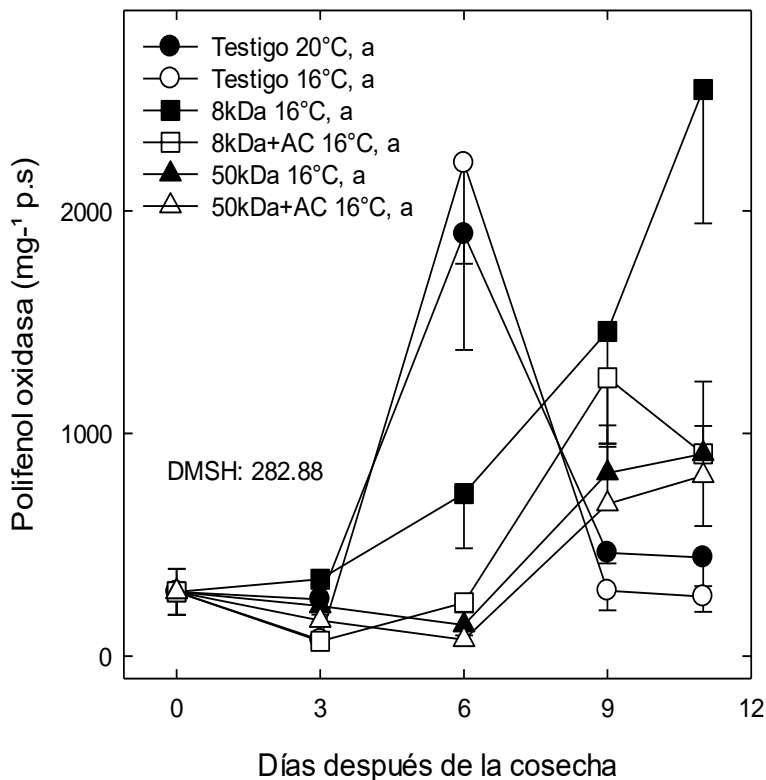


Figura 13. Polifenol oxidasa (PFO) de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Finalmente, los frutos con cubierta de Q o Q + AC de 50 kDa a 16 °C, aumentaron la enzima polifenol oxidasa hasta el día once de la evaluación con valores máximos de 908.81 y 810.31 mg.g⁻¹ p.s (Figura 13). Badawy y Rabea, (2009) mencionan una menor actividad de PFO en tomate debido a la aplicación de recubrimientos con base de quitosano. Es por ello que los frutos de guanabana con una cubierta de Q ayudan a retrasar la maduración del fruto y no tienen un aumento como el de los frutos testigo sin cubierta a temperaturas de 20°C y 16 °C. El mayor peso molecular de las películas de Q probablemente limite la movilización de oxígeno y ya que es un componente importante en las reacciones de PFO, posiblemente en parte sean causantes de una menor actividad de la enzima. Marqués *et al.* (1995) menciona que en la última etapa de maduración las membranas de los cloroplastos se rompen y su estructura lamelar se desintegra, lo que facilita la liberación de la enzima.

5.11 Fenoles totales

Los fenoles totales en los frutos de guanábana sin Q a 20 °C inicio con 17.41 mg EAA g⁻¹.p.f y se incrementó a 32.12 mg EAA g⁻¹.p.f al tercer día, alcanzando valores máximos 70.34 mg EAA g⁻¹.p.f al noveno día, y fueron los que mostraron significativamente mayor acumulación (Figura 14). El resto de los tratamientos tuvo un incremento de la concentración de fenoles, pero en menor proporción y y velocidad, así las máximas concentraciones de fenoles fueron entre 37.6 y 45.1 mg EAA g⁻¹ .p.f entre los seis y once días de evaluación (Figura 14). Es de notar que los frutos cubiertos con Q de 8 kDa mostraron constantemente la menor síntesis de fenoles, lo que sugiere que retraso en forma efectiva la acumulación de estas moléculas (Figura 14).

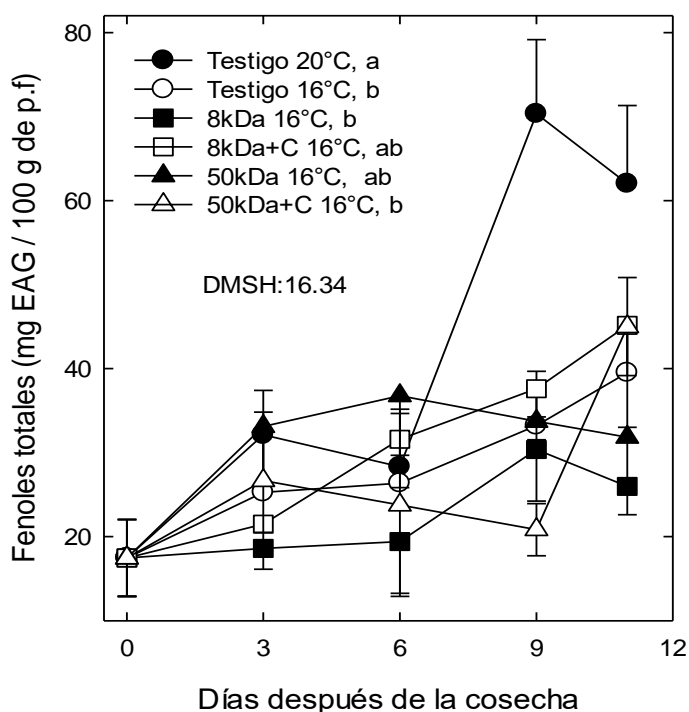


Figura 14. Fenoles totales de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

De los Santos *et al.* (2020) indican que los frutos almacenados a 15 °C por cuatro días y transferidos a 22 °C (solución de almidón al 2 %), se presentó una disminución en los fenoles totales durante el almacenamiento a 15 °C por cuatro días y transferidos a 22 °C, con 139.6 a 42.94 mg EAG/100 g.p.f., así que durante la madurez de consumo, la disminución en la concentración de fenoles en frutos refrigerados, puede ser por la oxidación de los compuestos fenólicos causado por la actividad de la enzima polifenol oxidasa. Oms *et al.* (2008) reportaron que los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada y que estas tienen influencia sobre la actividad antioxidante en el fruto debido a que estas influyen en una mayor producción de fenoles. En esta investigación presentan un aumento de fenoles, pero menor al de los frutos sin recubrimiento. Kevers *et al.* (2007) mencionan que la conservación del contenido de fenoles es de gran importancia desde el punto de vista de la calidad y también en el valor nutricional del fruto.

Por otro lado, dichas concentraciones pueden estar influenciada por factores genéticos y ambientales; además, puede modificarse por reacciones oxidativas durante el almacenamiento (Coêlho de Lima y Alves, 2011).

5.12 Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH

El análisis de la actividad antioxidante por DPPH muestra que los frutos sin recubrimiento de Q a 20 °C mostraron un máximo de la actividad máxima (44.15 mg EAA/100 g.p.f) al noveno día y posteriormente una disminución a 27.55 mg EAA/100 g.p.f en el día once (Figura 15). Los frutos cubiertos con Q de 8 y 50 kDa + AC también mostraron un máximo de actividad de DPPH (41.57 y 48.8055 mg EAA/100 g.p.f.), pero a los tres y seis días de iniciado el experimento, posteriormente la actividad disminuyó (Figura 15). El resto de los tratamientos la actividad disminuyó gradualmente hasta valores entre 12.23 y 16.6 mg EAA/100 g.p.f. (Figura 15). Kuskoski *et al.* (2005) informaron actividad antirradical de los frutos de guanábana en 46.66 ± 1.6 mg AA 100 g⁻¹ y los valores son similares a los encontrados en esta investigación.

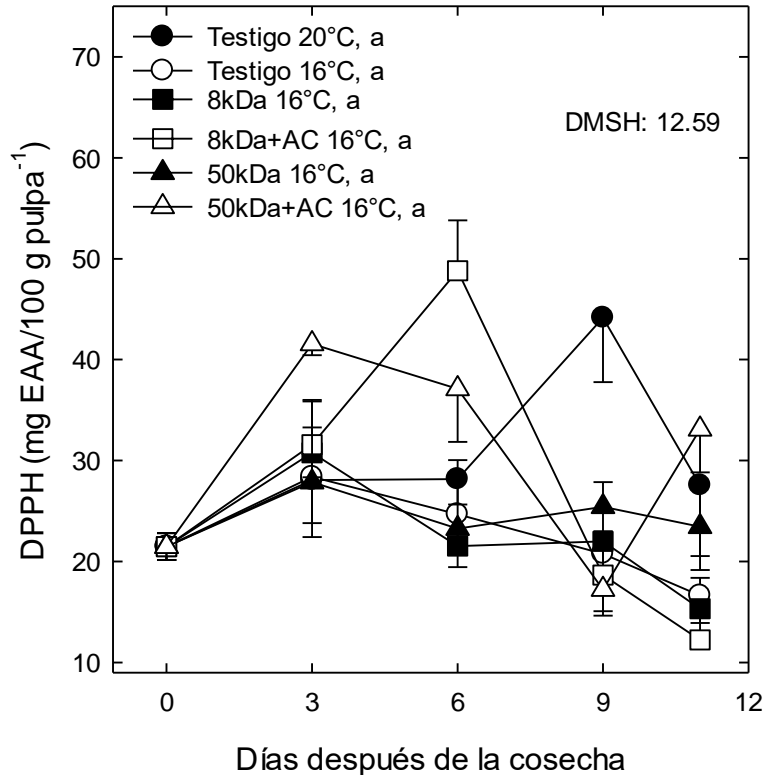


Figura 15. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Akomolafe y Ajayi (2015) reportan que la capacidad de reacción con el radical DPPH+ podría estar vinculada a los compuestos fenólicos del fruto de guanábana, siendo capaces de neutralizar los radicales libres. En el presente trabajo se mostró una correlación positiva y significativa de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante DPPH ($r = 0.24^{**}$). Oms *et al.* (2008) reportaron que los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada y que estas tienen influencia sobre la actividad antioxidante en el fruto debido a que estas influyen en una mayor producción de fenoles. Jin *et al.* (2011) mencionaron que las bajas temperaturas de almacenamiento pueden inducir la expresión de estos compuestos, indicando que la capacidad antioxidante y la producción de compuestos fenólicos se incrementó en fresas almacenadas a 10 °C.

5.13 Determinación de la capacidad antioxidante por la técnica de ABTS

En la capacidad antioxidante de ABTS no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 16). Sin embargo, en todos los tratamientos la actividad de ABTS se incrementó de 27.32 mg EAA 100g⁻¹ de p.f. al inicio de las evaluaciones hasta 68.35 y 113.55 mg EAA 100g⁻¹ a los seis días y posteriormente disminuir drásticamente entre 13.8 y 19.03 mg EAA 100g⁻¹ al noveno día (Figura 16). Es de destacar que el tratamiento con Q de 8 kDa fueron los únicos que su actividad fue mucho menor, ya que su máxima actividad fue de 43.89 mg EAA 100g⁻¹, y mostró una tendencia a reducirse (Figura 16).

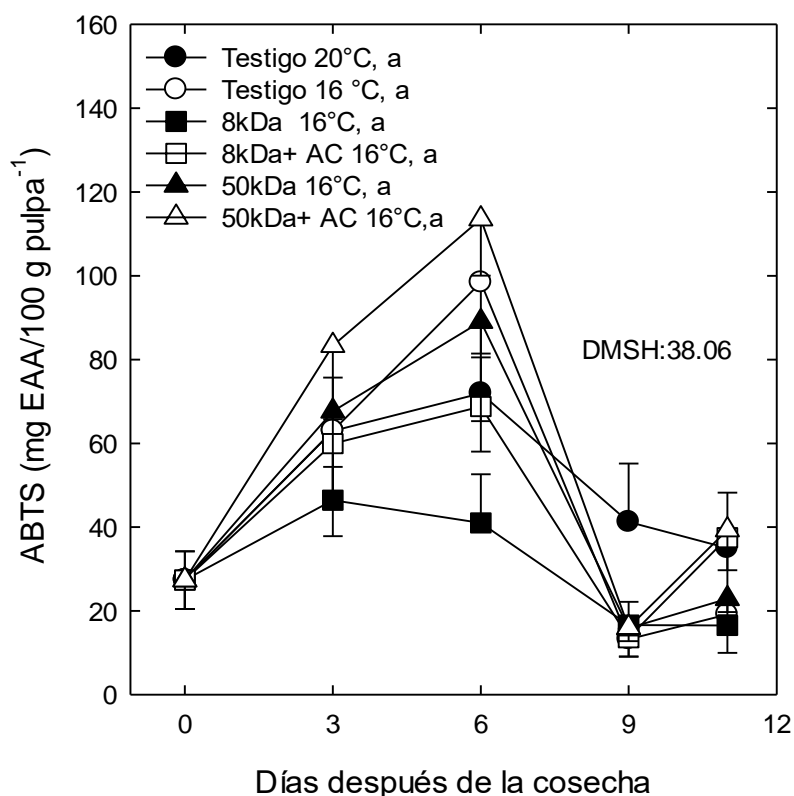


Figura 16. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

De los Santos *et al*, (2020) indica que es probable a que el recubrimiento ayudó a evitar un posible daño por frío, tal y como lo reportan Piljac y Šamec, (2011) indicando que el incremento de la actividad antioxidante podría estar asociado con las reacciones posteriores a la cosecha, como el metabolismo de los fenoles y las reacciones producidas por la ruptura celular del efecto de la temperatura.

5.14 Capacidad antioxidante de reducción férrica (FRAP)

El análisis estadístico, no detectó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 17). Sin embargo, los frutos donde se aplicó Q de 8 y 50 kDa + AC mostró un máximo al sexto día de evaluación (entre 179.59 y 194.77 mg EAA 100g⁻¹ de p.f.; (Figura 17). Los frutos sin aplicación de Q almacenados a 20 y 16 °C el máximo se observó a los tres y seis días sin superar los 114.92 mg EAA 100g⁻¹ de p.f. (Figura 17). El resto de los tratamientos mostraron la menor actividad por DPPH, sobre todo los frutos con Q de 8 kDa donde la actividad disminuyó hasta el sexto día y se mantuvo constante durante todo el periodo de evaluación (Figura 17). Los resultados sugieren que el Q de 8 kDa redujo la actividad por FRAP. Huang *et al.* (2007) informaron que la actividad antioxidante FRAP podría estar relacionada con la concentración de vitamina C, la cual se incrementa durante la maduración, además del aumento de los compuestos fenólicos.

Los frutos de guanábana con una película de Q de 8 kDa a 16 °C tuvieron un descenso de actividad hasta el sexto día de 51.17 mg EAA /100 g.p.f, con un ligero aumento el noveno día de 54.05 mg EAA /100 g.p.f., disminuyendo hasta 46.00 mg EAA /100 g.p.f el día once. FRAP puede estar relacionado con la alta actividad metabólica de la maduración y el período climatérico, la acción del ácido ascórbico, que presenta alta concentración días después de la cosecha, además de la disminución o el aumento de los compuestos fenólicos (Huang *et al.*, 2007).

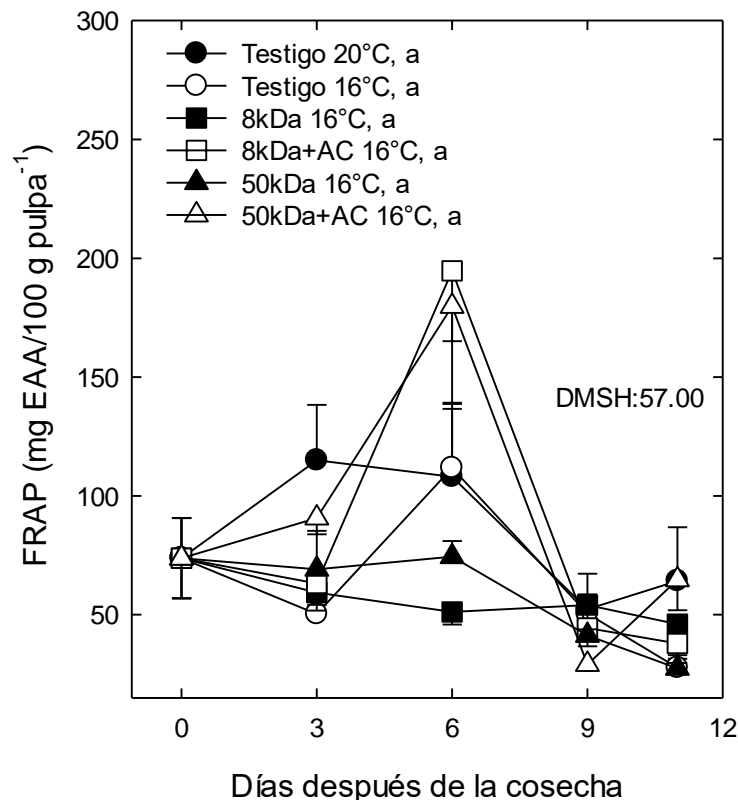


Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante por el método de FRAP de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular 8 y 50 kDa con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

Los frutos con cubierta de Q 50 kDa a 16 °C, mostro un máximo aumento de 74.41 mg EAA /100 g.p.f, al sexto día y una disminución de actividad hasta 27.43 mg EAA /100 g.p.f, en el onceavo día (Figura 17) La actividad antioxidante puede verse afectada por factores genéticos, por la variedad, así como el manejo en poscosecha (Javanmardi y Kubota, 2006). En los frutos con películas de Q + AC de 8 y 50 kDa a 16 °C se observa un aumento de actividad con valores de 194.76 y 179.79 mg EAA /100 g.p.f al sexto día de la evaluación, disminuyendo notoriamente 37.89 mg EAA /100 g.p.f en el último día de evaluación (once) solo en lo frutos con Q + AC de 8kDa, los frutos de Q + AC de 50 kDa, disminuyeron 29.02 mg EAA /100 g.p.f al día nueve y aumentando al día once 64.67 mg EAA /100 g.p.f (Figura 17).

Sucupira *et al.* (2012) reportaron que el incremento o disminución de la actividad antioxidante depende del tipo de sustancias y sus sitios de acción que influyen en la capacidad que estos tienen para reducir el Fe^3 a Fe^2 . En promedio general de la evaluación de la capacidad antioxidante para reducir FRAP son los frutos con películas de Q + AC de 8 y 50 kDa a 16 °C, los cuales mostraron valores elevados en comparación de los demás tratamientos 82.80 y 87.58 mg EAA /100 g.p.f, de capacidad durante los once días de evaluación. Fonseca, (2018) menciona que los frutos de guanabana almacenados a 25 ± 2 se observó menor actividad antioxidante en aquellos recubiertos con almidón, pectina y quitosano en comparación con los frutos testigo, la baja actividad antioxidante de los frutos tratados con los recubrimientos se puede atribuir a la disminución del metabolismo de los frutos recubiertos, comportamiento similar a las películas de Q de 8 y 50 kDa a 16 °C, pero lo contrario a películas de Q + AC de 8 y 50 kDa a 16 °C, beneficiando a aumentar la capacidad antioxidantes para la reducción de FRAP.

5.15 Vitamina C

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 18). Sin embargo, se observó un incremento durante la maduración en todos los frutos, ya que iniciaron con valores de 113.81 EAA/100 g⁻¹ de p.f. y finalizaron con valores entre 270.08 y 445.59 EAA/100 g⁻¹ de p.f. (Figura 18). Arrazola *et al.*, (2013), Balois *et al.* (2018) y Moreno *et al.* (2014) han reportado que durante la maduración de guanábana (*Annoma muricata* L.) y guanábana cimarrona (*Annonaglabra* L.) la concentración de vitamina C se incrementa. De los Santos *et al.* (2020) menciona que los frutos almacenados a 15 ± 2 °C con recubrimiento de almidón al 2 %, los cuales presentaron un incremento en Vitamina C. Ehteshami *et al.* (2019) indica que la vitamina C en frutos recubiertos y almacenados en refrigeración puede estar relacionado con la protección que podría brindar el recubrimiento a un posible daño por frío.

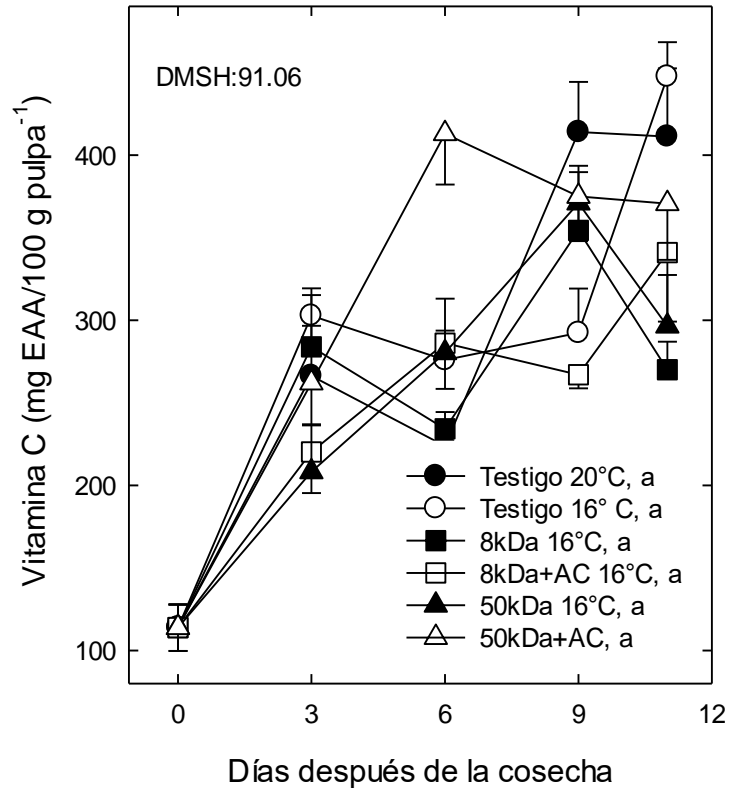


Figura 18. Vitamina C de los frutos de guanábana cubiertos con quitosano de diferente peso molecular (8 y 50 kDa) con y sin canela (C), almacenados a 16 °C. Cada punto representa la media de 5 observaciones y su error estándar.

El contenido de vitamina C también puede depender del manejo agronómico, la intensidad luminosa a la que el árbol está expuesto, características genéticas, ubicación geográfica y edad de la planta (Nogueira *et al.*, 2002). Paul (1982) indica que el incremento en la concentración de ácido ascórbico (AA) puede atribuirse al catabolismo del almidón y los carbohidratos de la pared celular, la transformación de sales ácidas en forma libre y a la baja utilización de ácidos orgánicos durante la respiración.

6. CONCLUSIONES

La aplicación de películas de quitosano con y sin aceite de canela de pesos moleculares de 8 y 50 kDa en combinación con temperatura de 16 °C ayudaron a retrasar velocidad de respiración, producción de etileno, sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de cosecha y color. Sin embargo, la velocidad de respiración, proteína soluble y ABTS mostraron cierta alteración que puede sugerir cierto daño por frío.

Los frutos donde se aplicó Q de 8 kDa solo o con AC almacenados a 16 °C ayudaron a mantener la apariencia entre 2 y 3 días respecto al testigo, por lo tanto, se recomienda realizar trabajos que deriven en una tecnología validada en beneficio o de utilidad de los productores.

7. LITERATURA CITADA

- Adetunji, C., Fadiji, A., & Aboyeji, O. (2014). Efecto del gel de Aloe Vera combinado con recubrimiento de quitosano en la calidad posterior a la cosecha del pepino (*Cucumis sativa* L.) durante el almacenamiento ambiental. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 5(6), 391-397.
- Aguirre, E. (2015). Aplicación de revestimientos comestibles en papaya (*Carica papaya*) mínimamente procesada. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 16-21.
- Akomolafe, S. F. & Ajayi. O. B. (2015). A comparative study on antioxidant properties, proximate and mineral. Compositions of the peel and pulp of ripe (*Annona muricata* L.) fruit. *International Food Research Journal*, 22., 2381-2388.
- Alia, T. I., Colinas L. M. T., Martínez, D. M. T., & Soto, H. M. R. (2005). Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn) II: Cambios en fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(1), 25-32.
- Anaya, E. L. M., Pérez, L.A., Ruvalcaba, G. J. M., Sánchez, B. J. A., Romero, T. R., & Montalvo, G. E. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *TIP. Revista especializada en ciencias Químico-Biológicas* (23), 1-14.
- Andrés, A. J., & Andrés, H.L. (2011). Biología, diversidad, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de annonaceae en México. Chapingo: Centro Regional Universitario Centro Occidente, Universidad Autónoma Chapingo. 152p.
- Anónimo. (1984). Official Methods of Analysis of the *Association of Official Analytical Chemists USA*, (14) 1140.

- Arce, O. K. L., Ortega, V. K. J., Ochoa, M. C. I., & Vélez, P. C. (2016). Evaluation of the water vapor permeability for whey protein/chitosan films and its effect on respiration of coated banana. *INNOTECH*, 11(1), 59-64.
- Arrazola, P. G. S., J. L. Barrera, V. & Villalba, C. M. I. (2013) Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba. *Orinoquia* 17,13-20.
- Ávila, H. R., Pérez, C. M. P., Giménez, A & Hernández, C. E. A. (2012). La Guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 2 (2), 135–142.
- Ayala, A. (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la sigatoka negra que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6), 312-338.
- Babaji, S. S. & Fadzelly, A. B. M. (2018). “Soursop *Annona muricata*”: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Johor, Malaysia. Rodrigues, S., de Oliveira, S. E., Sousa de Brito, E. (Eds.), *Exotic Fruits Reference Guide*. (pp.391-395). Ceara´, Brazil: Academic Press.
- Badawy, M. E. I., & Rabea, E. I. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 51(1), 110-117.
- Badrie, N., & Schauss, A. (2010). Soursop (*Annona muricata* L.): composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology. Watson R.R, Preedy V.R (Ed.) *En Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables*. (pp.612-643). Oxford, UK: Elsevier Inc.
- Barco, H. P. L., Burbano, D. A. C., Mosquera, S. S. A., Villada, C. H., & Navia, P. D. P. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 96-103.

- Baldwin, E. A., Burns, J. K., Kazokas, W., Brecht, J. K., Hagenmaier, R. D., & Bender, R. J. Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 17(3), 215-226.
- Balois, R., Jiménez, J. O., Alia, I., López, G. G., Palomino, Y. A., & Sánchez, L. M. (2018). Antioxidant enzymes and antioxidant activity in two soursop selections (*Annona muricata* L.) from Nayarit, Mexico stored at 15 °C. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1), e-083.
- Bautista, B. S., Ventura, A. R. I., Correa, P. Z., & Corona, R. M. L. (2017). Chitosan: a versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest-a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(2), 103-121.
- Bello, L. J. E., Balois, M. R., Juárez, L. P., Alia, T. I., Peña, V. C.B., Jiménez, Z. J. O. Sumaya, M. M. T. & Jiménez, R. E. I. (2016). Recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' (*Musa ABB*) y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' en postcosecha. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 3(22), 209-218.
- Benkeblia, N., & Emanuel. M. A. (2014). Variation of reducing and total sugars, total phenols and chlorophylls in soursop (*Annona muricata*) during three "On Tree" ripening stages, *Acta Horticulturae*,1047,153-158.
- Benzie, I.F., & Strain J.J. (1996), The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 23(1), 70-76.
- Blanquicet, R. M., Flórez, D. C., González, M. Y., Meza, F. E., & Rodríguez R. J.I. (2015) Synthesis and film properties of chitosan and whey. *Revista Técnico Científico*, 25(1), 58-69.

- Borrero, F. V., Hernández, E., Jiménez, R., & Roa, A. (1995). Determinación de índices de madurez de cosecha en guanábana (*Annona muricata*) en dos regiones de Colombia. IIV simposio Internacional de Manejo, Calidad u fisiología Postcosecha de Frutas. Santiago, Universidad de Chile (42) 25-43.
- Botton, A., Tonutti, P., & Ruperti, B. (2019). Biology and Biochemistry of Ethylene. En: E. Yahia. Carrillo. L. A. (Eds.), *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, (pp. 93–112). UK: Woodhead Publishing.
- Brand, W. W., Culivier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. Food Science Technology*, 28(1), 25-30.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, (72),248-254.
- Castillo, A. D., Varela, H. G., Pérez, S., & Pelayo, Z. B. R. (2005). Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 11, 51-57.
- Coêlho de Lima M. A. and R. E. Alves. (2011). Soursop (*Annona muricata* L.). In: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Vol. 4. E. M. Yahia (Ed.) *Mangosteen to White Sapote* (pp:363-391). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- Correa, G. J., Ortiz, D., Larrahondo, J. E., Sánchez, M. M., & Pachón, H. (2012). Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.), Una revisión bibliográfica; *Boletín Latinoamericano Caribe Plantas Medicinales Aromáticas*, 11(2) 111-126.
- da Silva, T. L., Aguiar-Oliveira, E., Mazalli, M. R., Kamimura, E. S., & Maldonado, R. R. (2017). Comparison between titrimetric and spectrophotometric methods for quantification of vitamin C. *Food chemistry*, (224), 92-96.

- De los Santos, S. M., Balois, M. R., Jiménez, Z. J. O., & Alia, T.I., (2020). Evaluación de almidón como recubrimiento comestible sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante en frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) *Revista Fitotecnica Mexicana*, 43 (4):443-452.
- Dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de Mello-Farias., P. C., Rombaldi, C. V., & de Oliveira, A. C. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*, 8(2), 78-88.
- Durango, A., Soares, N., & Arteaga, N. (2011). Edible films and coatings as biodegradable active packaging in the preservation of food products. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1)112-118.
- Dussán, S. S., Torres, L. C., & Reyes, C. P. M. (2014). Efecto del recubrimiento comestible sobre los atributos fisicoquímicos de mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado y refrigerado. *Acta Agronómica*, 63(3)212-221.
- Ehteshami S., F. Abdollahi, A. Ramezani, A. M. Dastjerdi & M. Rahimzadeh. (2019). Enhanced chilling tolerance of pomegranate fruit by edible coatings combined with malic and oxalic acid treatments. *Scientia Horticulturae* 250:388-398.
- Erkan, M. & Dogan, A. (2019). Harvesting of horticultural commodities. E. M Yahia, (ed.). *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. (pp: 129-159) Woodhead, EUA Elsevier.
- Fonseca, H. P. A. (2018). Evaluación de recubrimientos naturales en frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) En almacenamiento postcosecha. Tesis en Maestro en ciencias en el área de ciencias agrícolas. Universidad Autónoma de Nayarit. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias.104p.
- Gartner, C., & López, L. B. (2010) Medidas de la rigidez del quitosano en solución a través de la viscosidad intrínseca. Grupo de Ciencia de los Materiales, Universidad de Antioquia. Sede de Investigación Universitaria. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*,53, 20-29.

- Gómez, J., Nieto, Á., Téliz, O., Mora, J., Nava, C., Martínez, M., & Vargas, M. (2012). Manejo postcosecha de zapote mamey (*Pouteria sapota*) y su impacto en la calidad de la fruta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(2) 253-262.
- Guerra, N. B., Livera, A. V. S., Da Rocha, J. A. M. R., De oliveira, S. L. (1995). Almacenamiento de la guanábana (*Annona muricata* L.) en bolsas de polietileno con absorbentes de etileno. Proc. International Conference Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruits and Vegetables. Guanajuato, México. pp. 617-622.
- Gyamfi, K., Sarfo, D., Nyarko, B., Akaho, E., Serfor, A., & Ampomah, A, E. (2011). Evaluación del contenido elemental en el fruto de la planta de graviola, *Annona muricata*, de algunas comunidades seleccionadas en Ghana mediante análisis instrumental de activación de neutrones. *Elixir Food Science*, 41, 5671–5675.
- Hernández, L. M., Gómez, R., & Andrés, J. (2013). Importancia, plagas insectiles y enfermedades fungosas del cultivo del guanábano. INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. Libro técnico Núm. 1. México.12-37.
- Hernández, F. L. M., Nolasco, G. Y., & Cruz, G. E. J. (2017). Selección y caracterización de guanábana y recomendaciones para su manejo agronómico. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. Folleto técnico núm.34, 57.
- Huang, R., Xia, R., Hu, L., Lu., Y., & Wang, M. (2007). Antioxidant activity and oxygenscavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. *Scientia Horticulturae*, 113, 166-172.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos; Colima, Clave geoestadística 06002. 2021. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/06/.06002.pdf

- Javanmardi, J. J., & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41,151-155.
- Jiao, W., Shu, C., Li, X., Cao, J., Fan, X. & Jiang, W (2019). Preparation of a chitosan-chlorogenic acid conjugate and its application as edible coating in postharvest preservation of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 154(1), 129-136.
- Jianglian, D, & Z. Shaoying. (2013). Application of chitosan based coating in fruit and vegetable preservation. *Food Processing & Technology*, 4(5), 227.
- Jin, P., Wang, Y.S., & Zheng, Y. (2011). Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. *Food Chemistry* 124, 262-270.
- Jiménez, Z. J. O., Balois, M. B., Alia, T. A., Sánchez, H. L. M., Jiménez, R. E. I., Bello, L.J. E., García, P. J. D., & Juárez, L. P. (2017). Cold storage of two selections of soursop (*Annona muricata* L.) in Nayarit, Mexico. *Journal of Food Quality*, 9. 1-9.
- Jiménez, Z. J.O., Balois, M. R., Alia, T. I., Juárez, L. P., Sumaya, S. M.T., & Bello, L. J.E. (2016). Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1261-1270.
- Julio, G. A. (2018). Evaluación poscosecha de resveratrol y 6-bencil aminopurina en guanábana (*Annona muricata* L.) Tesis. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Ciencias Agrícolas.93p.
- Kevers C., M. Falkowski, J. Tabart, J. O. Defraigne, J. Dommès and J. Pincemail. (2007). Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:8596-8603.

- Kitinoja, L., Saran, S., Roy, S. K., & Kader, A. A. (2011). Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach, and advocacy. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 91 (4) 597-603.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726-732.
- Ladaniya, M. S. (2008). Citrus Fruits, Biology, Technology and Evaluation. *Elsevier Academic Press*. 558.
- Lamikanra, O. (1995). Enzymatic browning of muscadine grape products. In: Lee, C. L., & Whitaker, J. R. (Eds.) *Enzymatic Browning and its Prevention* (pp. 166-177). Washington D.C., USA: Ed. ACS.
- Lem, M.S., Mahmud, T.M.M & Ding, P. (2017). Optimum harvest maturity in relation to its physicochemical quality of pollinated soursop (*Annona muricata* L.) fruit. 1179: 10-23.
- Lima, C.M.A., Alves, R.E. & Fligueiras, C.H.A. (2010) Comportamento respiratorio e amacinamiento de graviola (*Annona muricata* L.) após tratamentos pós-colheita com cera e 1-metilciclopropeno. *Ciencia e Agrotecnologia* 34(1): 155-162.
- Lima, M. A. C., & Alves, R.E. (2011). "Soursop (*Annona muricata* L.)". Yahia E. (Ed.), *Postharvest biology and tecnología of tropical and subtropical fruits Vol. 4. Mangos teen to white sapote*. (pp.363-391). Amsterdam. N.L: Elsevier.
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H., & Liu, J. (2014). Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. *Scientia Horticulturae*, (176)176, 45-53.

- López, V. A., De La Cruz, M. J., León, G. E., García, G. H., & Vázquez, H. M. (2018). Aplicación de tratamientos hidrotérmico, fungicida y cera sobre el oscurecimiento superficial en guanábana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1075-1081.
- Madera, S. J. T., De Dios, A. M. A., Colín, C. C., Mariscal, A. L. A., Nuñez, C. C. A., Veloz, G. R., Gizmán, M. S. H., Peña, C. V., Grijalva, V. C. P., & Rodríguez, N. J. R. (2019). Coating based on chitosan and aqueous extract of Moringa oleifera leaf obtained by UMAE and its effect on the physicochemical properties of strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 21(2), 155-163.
- Magaña, W., Balbín, M.I., Corrales, J., Rodríguez, A., Saucedo, C., Cañizares, E., & Sauri, E. (2004). Efecto de la frigoconservación en el comportamiento fisiológico de frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus Haworth*). *Cultivos Tropicales*, 25(4), 33-39.
- Márquez, C. C. J., Villacorta, L. V., Betancur, D. P. P., Ciro, V. H. J. & Cartagena, V. J. R. (2012). Physiological and physicochemical characterization of the soursop (*Annona muricata* L. cv. Elita). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía* (65) 6477-6486.
- Marquès, A. L., Fleuriet, A. & Macheix, J. J. (1995) Fruit polyphenol oxidases: New data on an old problem. *Enzymatic Browning and its Prevention*. C L Lee, J R Whitaker (eds). ACS. Washington. USA. 90-104.
- Martínez, C. A. P., Cortez, R. M, O., Ezquerra, B. J. M., Graciano, V. A. Z., Rodríguez, F. F., Castillo, O. M. M., & Plascencia, J. M. (2010). Películas compuestas de quitosano: propiedades térmicas, estructurales, mecánicas y antifúngicas. *Polímeros de carbohidratos*, 82 (2), 305.

- Martínez, G. M. E., Balois, M. R., Alia, T. I., Cortes, C. M.A., Palomino, H. Y.A., López, G. G.G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración, ablandamiento y control transcripcional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19(), 4089–4101.
- Minh, N. P., Vo, T. S., Tram, D. N., Nga, N. H., Bang, N. T., Thi, M., & Trinh, D. (2019). Application of chitosan edible coating for soursop (*Annona muricata* L) storage. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 11(2), 284-288.
- Ming, L.S., & Muda, M. T. (2019), Response of 1-Methylcyclopropene on postharvest quality of local soursop (*Annona muricata* L.). *Sains Malaysiana*, 48(3), 571-579.
- Mishra, S., Ahmad, S., Kumar, N., & Sharma, B.K. (2013). *Annona muricata* (the cancer killer): A review. *Global Journal of Pharmaceutical Research*, (2)1613–1618.
- Mohammadi, A., Hashemi, M., & Hosseini, S. M. (2015). Chitosan nanoparticles loaded with *Cinnamomum zeylanicum* essential oil enhance the shelf life of cucumber during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 110(1), 203-213.
- Montalvo, G. E., A. E. León F., H. Rea P., M. M. Montes de O., & B. Tovar G. (2014). Uso combinado de 1-Metilciclopropeno y emulsions de cera en la conservación de guanabana (*Annona muricata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36, 296-306.
- Moreno, H. C. L., Sáyago, A. S. G., García, G. H. S., Mata, M. M., & Montalvo, G. E. (2014). Effect of the application of 1-methylcyclopropene and wax emulsions on proximate analysis and some antioxidants of soursop (*Annona muricata* L.). *The Scientific World Journal*, 1-6.
- Nogueira R. J. M. C., J. A. P. Vieira de Moraes, H. Almeida B. & da Silva J. J. F. (2002) Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:463-470.

- Neguerula, Á.I. (2012). Is the color measured in food the color that we see? In: Color in *Food Technological and Psychophysical Aspect*. Caivano, J.L., M. del P; Buera. CRC Press, 81-91.
- Nurul, H. M. Z., Halimahton, Z. M. S., & Zaibunnisa, A. H. (2016). Effect of edible lipid-chitosan film forming dispersion on postharvest life of guava stored at chilled temperature. *Malasyan Journal of Analytical Sciences*, 20(3), 618-625.
- Omboki, R. B., Wu, W., Xie, X., & Mamadou, G. (2015). Ripening genetics of the tomato fruit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(4), 567-572.
- Oms, O. G., Soliva, F. R., & Martin, B. O. (2008). Using polysaccharidebased coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *Food science and technology*, (41),1862-1870.
- Ortiz, D. G., Pérez, C. L. E., Artés, H. F., & Martínez, H. G. B. (2019). Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology*, 147(1), 174-184.
- Paull, R. E. (1982). Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. *Journal American Society. Horticultural Science*, 107(4),582-585.
- Perdones, A., Sánchez, G. L., & Vargas, M. (2012). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 70(1), 32-41.
- Piljac, Ž. J., & Šamec, D. (2011). Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International*, 44,345-350.

- Purvis, A. C. (1980). Respiration of grapefruit and orange flavedo tissue in relation to chilling and non-chilling temperatures and respiration inhibitors. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105 (2), 209.
- Quintero, C. J., P., Pascual, F. V., & Muñoz H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles. Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 5(1), 593-118.
- Raison, J. K. (1980). Effect of low temperature on respiration. Davies, D. D. (Ed.), *The Biochemistry of Plants, Vol 2: Metabolism and Respiration* (pp. 613–626). New York, Academic Press.
- Ramos, G. M. D., Bautista, B. S., Barrera, N. L. L., Bosquez, M. E., Alia, T. I., & Estrada, C. M. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28 (1), 44 -57.
- Ramos, G. A., González, E. R. R., Montalvo, G. E., Miranda, C. S.P., & Gutiérrez, M. P. (2018). Effect of the application of inducers on soursop fruit (*Annona muricata* L.): postharvest disease control, physiological behavior and activation of defense systems. *Emirates Journal of Food And Agriculture*, 30(12), 1019-1025.
- Re, R., N. Pellegrini, A., Proteggente, A., Pannala, M. Yang., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 9(26), 1231-1337.
- Reginato, M. G., Lizana, A. (1980). Alteraciones detectadas en chirimoyas durante el almacenamiento. *Investigación Agrícola*, 6(3), 97-101.
- Rico, F., Gutiérrez, C., & Díaz, M. C. (2012). Effect of edible coating of chitosan and essential oils on microbiological quality of minimally processed mango (*Mangifera indica* L.). *Vitae*, 19 (1), 117-119.

- Rinaudo, M. (2008). Behaviour of amphiphilic polysaccharides in aqueous medium. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, **11(1)**, 35-40.
- Rodríguez, J. R., López, C. J., Sánchez, M. D.I., Ramírez, W. B., Torres, C.P., & Cortez, R.M.O. (2012). Actividad antimicrobiana de películas a base de quitosano contra *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus*. *Food Science and Technology*. (47),2127 -2133.
- Romanazzi, G., & Feliziani, E. (2016). Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: effectiveness and mechanisms of action. Bautista, B. S., Romanazzi, G., & Jiménez, A. A. (Ed.), *Chitosan in the Preservation of Agricultural Commodities 6* (pp155.177). USA: Academic Press/Elsevier.
- Tietel, Z., Lewinsohn, E., Fallik E., & Porat, R. (2012). Importance of storage temperatures in maintaining flavor and quality of mandarins, *Postharvest Biology and Technology*, **64**, 175-182.
- Salveit, M. E. (2016). Respiratory metabolism. In: Pareek, S. (Ed.). *Postharvest Ripening Physiology of Crops*. (pp: 139-156). USA. CRC. Press- Taylor & Francis Group.
- Salazar, C. M., & Valderrama, N.A. (2013). Preparación y caracterización de películas de quitosano despolimerizado y reticulado con tripolifosfato de sodio. LIBIPMET. Universidad Nacional de Ingeniería, *Revista Sociedad Química del Perú* (3)79.195-208.
- Saucedo, S., Rojas, R., Aguilera, A., Saenz, A., De La Garza, H., Jasso, A., & Aguilar, C. (2009). Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, **42(4)**: 511-515
- Singleton, V. L., R. Orthofer, & R. M. Lamuela R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* (299)152-178.

- SIAP (Servicio de Información Agrícola y Pesquera). (2019). Cierre de la Producción Agrícola. Consultado el 5 de febrero de 2021. (En línea). Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Steffens, J. C., Harel, E., & Hunt, M. D. (1994). Polyphenol oxidase. Ellis, B. E. (Ed) *Genetic Engineering of Plant Secondary Metabolism*, (pp.275-312). New York, USA: Plenum Press.
- Sucupira R. N., da Silva, A.B., Pereira, G., & da Costa, J. N. (2012). Métodos para determinación de la actividad antioxidante de frutos. *UNOPAR Científica, Ciências Biológicas e da Saúde* 14:263-269.
- Sunil, C., Somashekar, R. K., Nagaraja, B. C. (2010). Riparian vegetation assessment of Cauvery river basin of South India. *Environment Monitoring Assessment*, 170(1), 545-553.
- Valera, A., Materano, W., Maffei, M., Quintero, I., & Zambrano, J. (2011). Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango 'Bocado' durante el almacenamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(1), 600-8.
- Velázquez, D. M., Romero, W. C., Lara, E. G., Martínez, A. I., Díaz, J. M. B., & Díaz, B. B. (2016). Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 909-920.
- Vidal, L., López, H., Vidal, N., Ruiz R., Castillo D., & Chiquito R. (2014). La situación de las annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. *Revista Brasileira de Fruticultura* (36) 22-31.
- Vitón, T.M. (2017). Efecto de sales de quitosano en la calidad poscosecha del mango 'Tommy Atkins.' *Cultivos Tropicales*, 3(38), 135–141.
- Worrel, D.B., Carrington, C.M.S. & Huber, D.J. (1994). Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Horticulturae* 57:7.15.

- Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 124(4), 1443-1450.
- Yang, G., Yue, J., Gong, X., Qian, B., Wang, H., Deng, Y. & Zhao, Y. (2014). Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biology and Technology*, 92(1), 46-53.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)”** que presenta la: **I.H. GLORIA ARANTXA SOTELO ALCÁNTARA**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y la **Codirección del DR. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. IRAN ALIA TEJACAL
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2021-06-07 12:09:53 | Firmante

P5DR2f3JOfggBWplFERR82trk0ePdsMXbCoAgwDfoiYXjBNXH5eECIqo6FddeMURPvKhDbOkKQt3VutshHSOAdYx5kSs3A4sPiBJ8HdDCYEcb/Ndfaz7hQ5JdfZlv6+wM4oxZCv97eCYW7Pd7JqamAGeqqQWqNc6+hUMT1quxIUH6R5P/7HXyHcwWK1b8q8RHKen9f6XfOOphBtaqM4wYUq1gONiISnqGGlv6HdQKjJLO60K76sW4IMOnwQX/nh7160Q3s10GcvPRLUj2Vk4p/CSOh36oIBjsLS3dTQTp1WVOKRJW9UaeaWA16iu8JP9ahrW6gbYpwYHWEJd6Zg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[runf05](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/G5LoUcqHloubMxzXlvCFji3AZY0jivvO>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)”** que presenta la: **I.H. GLORIA ARANTXA SOTELO ALCÁNTARA**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL** y la Codirección del **DR. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2021-06-07 13:57:20 | Firmante

o3bio0q3GgV8cgQ7USb2LLOToyc814gl8PJKxhiVTJzzTGchdWC+AD9slG3Z7DUkT6MuGgs/92lw5C/aHuD5y7Xh0itWG5rlfzoRBZpZox4+GJOKu6Fpfiv3thGUOA+BkD/qTbLIEu
mWiO4QXwKmTV0IzZCkzwcC4yem5UcvN5gfiwq5B1dLrxyJVEH0kZEy+7pc7rP7Euz9O3kDp1OZPgAA0YbXPHhdBxnBDswbhB1LpE6a7nUTwfjly6QG9GTA6PGIOD2f7/G2jJY
hSMCBw/S5Hoc/mXlqLz61Lqd2DvHw4Z+ps/iQF6BbY/la9GtGfQGGNEgp2OimlSGyw7Ug6A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



8JpCYg

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/0o6x7l84PJlrfNOnPylZNCJ9j3aUfKb5>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)”** que presenta la: **I.H. GLORIA ARANTXA SOTELO ALCÁNTARA**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL** y la Codirección del **DR. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. EDUARDO CAMPOS ROJAS
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

EDUARDO CAMPOS ROJAS | Fecha:2021-06-08 11:01:52 | Firmante

ezaOFiChw9M/7MH2fh9GPRgefeR5IIRS3xf8b9ewKxAEW6S5Lcjd1gcWJZ9VYnZCkD/ERYN7cZRV+FfZ7MdpET6k9nsp82tiePuOo7dUWngvnn3UrdQE/bZP+MoMxX2UUy3XUIpMMdg+jrUdwZ9HofeDDKLP0J9vETXrm79Hxlu5WykkRTJ5TjRekPBbU79EJSF4n3NdPR3HdtQOL6tgdFuaKxJ6nFclsXPWUrQV91Hc5o4u2cPw22/8fWtDJIOCwfZIA0ftO7KDAWBeL3Qxm5FPq3cCNahxkfULgkUVCT/2sEYWkMjm2mo7OQ/rNUFsCl+Pe73L0xPsR5L9og/Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[AgyOKJ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/OozXZmtO7kqUlypg6UGO1VaSRQmkgpJ>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)”** que presenta la: **I.H. GLORIA ARANTXA SOTELO ALCÁNTARA**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL** y la Codirección del **DR. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DRA. GLORIA ALICIA PÉREZ ARIAS
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

GLORIA ALICIA PEREZ ARIAS | Fecha:2021-06-07 19:08:13 | Firmante

jJl0kbhtl1vYhSVTVJN7bHjwMola+97X78pz8+7y0PXqjGeCU8Q3lrW4qceb0wVh1dbDImRM1ECwMZfWXPuWoDluHfwn1dOr6xr3dP7VSUIMQ8R5F6Pm8Jtx+gzWPJSoxdCPKN34546sixWzrZORrIMUM6t0SqWpg3Y9cGSVEXnXDeudr2bld2+8HeFTlpeLGhsRCNBHRR1XUoXaTYKu0VC6iCbqQMov4jo3SucBdLQvFF3n5rRhMAM9l1DHrV6GpsDUB2FMIU9CTz7wFXmr7jCwf7krHkjOoTwin14FFXykEFTV3zwH+Dpwcum9o9nm6jD5zskFGA4X92cOh5Z86Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



KCtkNj

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/zCbZMbgQGtkB5pXoApk6SgYeqrnatfc5q>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“Evaluación de películas de quitosano con aceite esencial de canela en la poscosecha de guanábana (*Annona muricata* L.)”** que presenta la: **I.H. GLORIA ARANTXA SOTELO ALCÁNTARA**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL** y la Codirección del **DR. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VICTOR LOPEZ MARTINEZ | Fecha:2021-06-07 10:20:04 | Firmante

ekTYrmCPzi27KKbgYDx1+6sTFxddcNqAQ76Q9IITL5nGbGBoT9G3HSqTRXIU6/ek9tx5SwpegkHV9rCduMjxbgNquxRESTdo6+rtFs+s9z+bzHylS287tp9h9Vx6df0Fs4nrlXdcy+Mr/vHo8nuJKum2OmKnwYF4Csdp+2A7gl/Td31tysoqQa0iBpXikQf5tQJulHRJCv2e5jPYb2SfaoxSrraH6l2JvfLDV0jck93Y9tCRInWSXvzG62qeC7vM8VOHfAL6CBxLVJs7GAK0Jxn4Zd0+6T02C0hMHT7UmX3mxN9VF06KSxshNx7tRXJrvtqH0OwNNeP1y3+RXmganA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[lw3cdq](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8yAa6Ax4hAwids4VCre7glqANVDk9Te4>

