

Evaluación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* Moř. & Sess, ex DC., Rosaceae) en la poscosecha de tihuixocote (*Ximenia americana* L., Olacaceae)

Evaluation of edible coatings based on hawthorn (*Crataegus mexicana* Moř. & Sess, ex DC., Rosaceae) pectin in wild plum postharvest (*Ximenia americana* L., Olacaceae)

Abygail Adarely Martínez-Mendoza¹, Omar Franco-Mora^{1*}, Jesús Ricardo Sánchez-Pale², Jesús Rubén Rodríguez-Núñez³, Álvaro Castañeda-Vildózola²

¹Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Universitario El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15.5, El Cerrillo, Piedras Blancas, 50200, Toluca, Estado de México, México.

²Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM.

³Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato, Eje Juan Pablo II #201, Col. Santa María, 36000, Celaya, Guanajuato, México.

*Autor para correspondencia: ofrancom@uaemex.mx

Fecha de recepción
19 de diciembre de 2019

Fecha de aceptación
11 de marzo de 2020

Disponible en línea
15 de abril de 2020

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons



**Reconocimiento-
NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional**

RESUMEN

En 2017 y 2018 se evaluó la respuesta poscosecha de frutos de tihucote (*Ximenia americana* L.) a la aplicación de dos recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* Moř. & Sess, ex DC.) y aceite de semilla de *Vitis*, variando su preparación con la adición de extractos de hojas de *Cissus tiliacea* (Kunth) (RCBPC) o *Vitis* sp. (RCBPV). Los frutos, con o sin recubrimiento (SR), se almacenaron a dos regímenes de temperatura; uno consistió en seis días a 5 °C y una posterior exposición a 25 °C (5 + 25 °C), mientras que el segundo régimen de temperatura fue exclusivamente a 25 °C. En ambos años, a 25 °C los frutos RCBPV y RCBPC tuvieron tres días más de vida de anaquel en comparación a frutos SR. Por otro lado, a 5 + 25 °C, en 2017, con los RCBPV y RCBPC aumentó tres días la vida de anaquel; en 2018, sólo en frutos con RCBPV se observó un aumento de tres días en la vida de anaquel. De manera general, en ambos regímenes de temperatura, a partir del tercer día de almacenamiento, al menos un recubrimiento disminuyó la tasa de pérdida de firmeza de pulpa y cáscara. No se observó efecto negativo en la acumulación de sólidos solubles totales por adición de los recubrimientos comestibles.

PALABRAS CLAVE

atmósfera modificada, frutos nativos, firmeza de pulpa, maduración, sabor

ABSTRACT

In 2017 and 2018, the postharvest response of wild plum (*Ximenia americana* L.) to the application of two edible films based on hawthorn pectin (*Crataegus mexicana* Moř. & Sess, ex DC.) and seed oil of *Vitis* was evaluated. Variation in the edible films consisted of the addition of plant extracts of *Cissus tiliacea* (Kunth) or *Vitis* sp. Fruits with or without covering were stored at any of the two temperature regimes, 6 days at 5 °C and subsequently exposed to 25 °C or only exposure at 25 °C. In both years, when exposed only to 25 °C, fruits coated with either *Vitis* or *Cissus* had 3 more days of shelf life compared to uncoated fruits. On the other hand, when the storage was at 5 °C plus exposure at 25 °C, in 2017, the exposure life with any of the coated cover was increased by 3 days. Still, in 2018 only the fruits coated with the edible film added with plant extracts of *Vitis* sp. presented three days more of storage. In general, in both temperature regimes of storage, from the third day of storage, at least one of the edible films reduced the rate of peel and flesh firmness loss. It was not observed a negative effect in the content of total soluble solids for the use of present edible films in wild plum.

KEYWORDS

modified atmosphere, native fruits, pulp firmness, ripening, taste

INTRODUCCIÓN

El género *Ximenia* pertenece a la familia Olacaceae; entre las especies incluidas en dicho género están *X. roigii* León, *X. aegyptiaca* L., *X. parviflora* Benth., *X. coriaceae* Engl., *X. caffra* Sond., *X. americana* L., etc. (Brasileiro et al. 2008). Sacande y Vautier (2006) reportan que este género se distribuye en África, India, Nueva Zelanda, Islas del Pacífico, Indias Occidentales, Centro y Sudamérica, así como desde el Sudeste Asiático hasta Australia. Para México, Mora et al. (2009) reportan la presencia de tihuixocote (*X. americana*) en Jalisco, Puebla, Oaxaca, Yucatán, Quintana Roo, Veracruz, Chiapas, Campeche, Tabasco y Sinaloa.

El tihuixocote tiene diversos usos; en África su madera se utiliza para elaborar utensilios de cocina o bien como leña, mientras que el follaje es alimento para ganado caprino y bovino (Sacande y Vautier 2006; Feyssa et al. 2012). En Brasil, la corteza, raíces y hojas se utilizan para tratar lepra, fiebre, dolores de cabeza, úlceras y estreñimiento (Da Silva-Leite et al. 2017).

Los frutos son comestibles, y con ellos se pueden elaborar bebidas, conservas y jaleas (Saeed y Bashir 2010; Feyssa et al. 2012). Sin embargo, existe poca información sobre su comportamiento poscosecha. En Etiopía se recomienda su almacenamiento en contenedores abiertos (en lugares lo más frío posible) para evitar pudrición; se reportan 15 días de vida de anaquel en condiciones de ese país (Feyssa et al. 2012). Franco-Mora (2010) observó que, en el almacenamiento a temperatura ambiente, los frutos de tihuixocote presentaron 8 días de anaquel, mientras que a 5 °C se prolongó a 12 días. Por otro lado, Da Silva et al. (2008) señalan dos estadios de maduración, verde y maduro, y aseguran que de uno a otro se presenta disminución de vitamina C y acidez titulable (AT), mientras que los valores de sólidos solubles totales (SST), el pH y la relación SST/AT se incrementan. Por su parte, Sarmiento et al. (2015) señalaron dos estadios de maduración, inmaduro y maduro, y confirmaron que durante la maduración disminuye la AT, pero no incrementaron los SST ni el pH; además, reportaron incremento en el contenido de vitamina C. Sawadogo et al. (2013) indicaron que los frutos de tihuixocote desde campo presentan alta infestación de hongos, lo cual genera alta presencia de pudriciones en poscosecha.

En diferentes estudios sobre tihuixocote, principalmente en África, Brasil y México, se indica la necesidad de aumentar el estudio sobre el com-

portamiento poscosecha de estos frutos (Franco-Mora 2010; Feyssa et al. 2012; Sarmiento et al. 2015). En este sentido, las tecnologías poscosecha intentan reducir el daño al consumidor, favoreciendo métodos inocuos que permitan mantener la calidad de cosecha. Entre estos métodos se encuentran el uso y desarrollo de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, los cuales extienden la vida útil al limitar la transferencia de humedad y gases, la abrasión entre frutos y la senescencia, así como el crecimiento microbiano, y, por otro lado, permiten que se mantenga una apariencia fresca, y conservan la integridad estructural, el sabor, el color, la firmeza, el brillo y el aroma (Algecira y Saavedra 2010; Vázquez-Briones y Guerrero-Beltrán 2013).

Bello-Lara et al. (2016) aplicaron recubrimientos de almidón y pectina en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) almacenados a 10 °C, y posteriormente expuestos a 22 °C, los cuales mostraron mayor firmeza y contenido de SST en relación con los frutos sin recubrir, además de conservar su color. Se tienen reportes del empleo de recubrimientos comestibles a base de pectina comercial (Unipectin solutions) en frutos de *Hancornia speciosa* Gomes, donde se incrementó la vida poscosecha (Placido et al. 2015). La pectina de tejocote (*Crataegus* spp.) en combinación con cera de candelilla tiene potencial para incrementar la vida poscosecha de productos hortícolas (Lozano-Grande et al. 2016).

A los recubrimientos comestibles se les puede suplementar con antimicrobianos, antioxidantes u otros aditivos alimenticios (Fernández et al. 2015). Entre los antioxidantes se encuentran los aceites esenciales, los cuales contienen compuestos fenólicos a los que se les atribuye la reducción en los procesos de oxidación lipídica y se relacionan con el aumento de vida poscosecha de productos hortícolas (Eça et al. 2014). En uva de mesa (*Vitis vinifera* L.), la adición de aceite de semilla de uva a cubiertas comestibles tuvo el mismo efecto benéfico que la aplicación de SO₂ durante 40 días de almacenamiento (Kara y Yazar 2019). En México, crecen diferentes especies de vid silvestre (*Vitis* spp.), cuyo potencial agroindustrial se centra en el uso del aceite de su semilla. Dicho aceite tiene alta concentración de ácido linoleico y una calidad que lo ubica dentro de las normas mexicanas para su consumo como alimento humano (Franco-Mora et al. 2015).

Otros componentes de los recubrimientos comestibles han sido los extractos vegetales. Madera-Santana et al. (2019) adicionaron extracto acuoso de hojas de *Moringa oleifera* (Lam.) a recubrimientos

comestibles a base de quitosano, y observaron mejor índice de sabor en fresa (*Fragaria × ananassa* [Duchesne ex Wesson] Duchesne ex Rozier). Por su parte, Apolonio-Rodríguez et al. (2017) mencionan que extractos vegetales acuosos de *Vitis* sp. reducen el crecimiento micelial, la esporulación y la germinación conidial de *Botrytis cinerea* (Persoon) *in vitro*. Dicho control se atribuye a la presencia de fenoles como resveratrol, ácido caféico, ácido gálico y rutin, entre otros, en las hojas de la vid silvestre (Tobar-Reyes et al. 2011). Es factible que en otras plantas de la familia Vitaceae, por ejemplo del género *Cissus*, se tengan contenidos fenólicos factibles de ser empleados para detener crecimiento microbiano (Franco-Mora et al. 2016).

En los valles del centro de México existen diversas especies de frutales subutilizados, por lo que su estudio y definición del potencial hortícola y agroindustrial puede contribuir a su conservación y mejora de cultivo. Así, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de recubrimientos comestibles cuya base común fue pectina de tejocote y aceite de vid silvestre, variando en la adición de extractos acuosos de hojas de *Vitis* sp., o *Cissus tiliacea* (Kunth), en el comportamiento poscosecha de frutos de tihuixocote.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se cosecharon frutos de tihuixocote en madurez de consumo el 9 de mayo de 2017 y el 17 de mayo de 2018, en una huerta del municipio de Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, localizado entre 18°20'24" y 18°37'42" de latitud norte y los meridianos 97°46'00" y 98°03'18" de longitud occidental y a 1,890 msnm (Mora et al. 2009). La temperatura media del mes previo a la cosecha fue 22.4 °C en 2017 y 21.7 °C en 2018; en dicho mes, sólo se presentó precipitación en 2018 (35.31 mm), la cual coincidió con el día previo a la cosecha, mientras que en 2017, 30 días antes de la cosecha no hubo precipitación (CONAGUA 2019).

Una vez cosechados, los frutos se colocaron en recipientes plásticos cúbicos, los cuales se ubicaron dentro de hieleras, evitando la fricción entre frutos. El traslado del material vegetal fue por carretera, aproximadamente 4 h, hasta el laboratorio de horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Inmediatamente después de su traslado se procedió a aplicar los recubrimientos, sin efectuar ningún tratamiento previo a los frutos.

PREPARACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS

Previo a la preparación de los recubrimientos comestibles a base de pectina (RCBP), se obtuvieron los componentes de dichos recubrimientos. La pectina se extrajo de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* Moñ. & Sess, ex DC.), los cuales crecieron de manera silvestre en una región cercana al Nevado de Toluca. Para la extracción se empleó el método de hidrólisis acidificada, llevando a pH 3 con etanol a 96% (Maldonado et al. 2010); la pectina obtenida presentó 10% de contenido metoxilos y grado de esterificación 60.

Por otro lado, las semillas de vid silvestre se obtuvieron de frutos cosechados de plantas pertenecientes a un banco de germoplasma en Zumpahuacán, México; se extrajo el aceite de acuerdo con lo propuesto por Franco-Mora et al. (2015) y se almacenó hasta su uso. El día de la elaboración de los RCBP, se molieron en una licuadora (Modelo 6858013000, Oster, México), de manera separada, 20 g de hojas de edad media de vid silvestre o de *C. tiliacea* en un litro de agua; posteriormente, se coló la mezcla y la solución acuosa se aforó a un litro, con agua corriente (Apolonio-Rodríguez et al. 2017).

La parte común de los RCBP fue 64.8% agua corriente, 9.6% pectina de tejocote, 1.3% de cloruro de calcio (Sigma Aldrich, México), 0.3% de glicerina (Sigma Aldrich, México), 12% aceite de semilla de vid silvestre, y, como variante, 12% extracto de hojas de vid silvestre (RCBPV), o bien, extracto de hojas de *C. tiliacea* (RCBPC), lo que dio 0.24% de extracto vegetal en el RCBP. Los componentes del RCBP se combinaron perfectamente en una licuadora, por cerca de dos minutos, hasta formar una mezcla homogénea. La mezcla se elaboró un día antes de la cosecha de frutos y se preservó en refrigeración a 5 °C para su uso.

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO Y ALMACENAMIENTO

La aplicación a los frutos de tihuixocote, tanto de RCBPV o RCBPC, se realizó por inmersión del fruto durante 30 s. Se emplearon 200 frutos para cada RCBP, además de usar 200 frutos sin recubrir (SR) como tratamiento control. Con el fin de acelerar el proceso de secado de las RCBP, los frutos de los tres tratamientos se colocaron en charolas de plástico durante cinco minutos y se aplicó aire con un ventilador (0.478 m³ s⁻¹) (Modelo S16201, Lasko, EUA). Posteriormente, los frutos de cada formulación de RCBP se dividieron

en dos subgrupos, los cuales se colocaron a diferente temperatura de almacenamiento. Una condición de almacenamiento fue de manera permanente a 25 °C, mientras la variante consistió en almacenar los frutos durante 6 días a 5 °C y de manera posterior, y hasta finalizar su vida de anaquel, a 25 °C (5 + 25 °C). De esta manera, en el presente trabajo, cada año se tuvieron seis tratamientos, los cuales correspondieron a tres niveles de RCBP y dos niveles de temperatura de almacenamiento. Así, los tratamientos fueron: SR 25 °C, RCBPV 25 °C, RCBPC 25 °C, SR 5 + 25 °C, RCBPV 5 + 25 °C y RCBPC 5 + 25 °C.

EVALUACIÓN POSCOSECHA

Diariamente se observaron los frutos de manera visual, y, si alguno presentaba síntomas de pudrición o magulladura, se le retiraba del almacenamiento. Se determinó reportar el fin de la vida de anaquel cuando la repetición de cada tratamiento presentaba menos de 50% de frutos inicialmente almacenados. En el periodo de anaquel, se determinó la tasa de pérdida de peso, al pesar individualmente 15 frutos por tratamiento, en una balanza analítica (Modelo JL-200, Chyo, Japón), cada tercer día. El peso inicial del fruto se consideró siempre 100% del peso, y el cálculo de la pérdida de peso se llevó a cabo de la siguiente manera: Porcentaje del peso inicial = (Peso final * 100)/ Peso inicial.

Para determinar la firmeza de la cáscara y la pulpa, se empleó un texturómetro (Modelo CT3 1000, Brookfield, EUA) y con el cilindro P/2 se penetró al fruto por 5 mm a 5 mm/s. A cada fruto se le perforó en la zona ecuatorial en tres puntos diferentes, tanto con cáscara, como sin ella.

La determinación del contenido de SST se efectuó extrayendo una gota del jugo del fruto en forma manual, depositándola en el colector de muestra del refractómetro (Modelo Pal-1, Atago, Japón).

Por otro lado, la acidez titulable se determinó mediante el procedimiento descrito por Morales et al. (2014). Los datos se expresaron en equivalentes de ácido málico y se obtuvieron con la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de acidez titulable} = ((V \times N \times 0.006704) / M) \times 100.$$

En donde: V = Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N gastado en la titulación de la muestra, en milímetros; N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio; 0.006704 = Miliequivalentes del ácido málico; M= Peso de la muestra, en gramos.

Los resultados de las cosechas de 2017 y 2018 se analizaron individualmente; de manera que se tuvieron dos experimentos, cada uno con seis tratamientos, todas las variables con 30 repeticiones. Los datos se registraron en el paquete estadístico SPSS 2010, en donde se obtuvo el ANOVA, y cuando para el día en almacenamiento el valor de F fue significativo, se obtuvo la agrupación estadística de las medias con la prueba de Tukey (0.05). Las gráficas se elaboraron en el paquete SIGMA PLOT® 12 (Systat, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VIDA DE ANAQUEL

En ambos años, el periodo de almacenamiento a 5 + 25 °C fue mayor en comparación al almacenamiento total a 25 °C; de 9 a 6 días para SR, de 12 a 6 días para RCBPV y de 9 a 4 días para RCBPC; el menor aumento coincidió para 2018. En 2017 y 2018, la aplicación de cualquiera de los RCBP en frutos con almacenamiento tanto a 25 °C como a 5 + 25 °C prolongó la vida de anaquel al menos tres días con respecto a los frutos SR expuestos a las mismas condiciones; excepto en 2018, donde a 5 + 25 °C todos los tratamientos presentaron los mismos días de almacenamiento.

Lo anterior confirma los datos iniciales de Franco-Mora (2010) y Feyssa et al. (2012), quienes observaron mayor vida de anaquel para frutos de esta especie en condiciones de menor temperatura de almacenamiento. En este sentido, no se reportan para este trabajo síntomas visibles de daño por frío después de 6 días a 5 °C. Así, tanto la refrigeración como el empleo de recubrimientos comestibles se han asociado a menor tasa metabólica de los productos sometidos a dichos procesos, los cuales, en consecuencia, retrasan los síntomas de maduración y senescencia (Dussán-Sarria et al. 2014).

El comportamiento de pérdida de peso fue similar en ambos años. Frutos SR almacenados a 25 °C perdieron 50% de su peso inicial a los 6 y 9 días, para 2017 y 2018; mientras dicha pérdida de peso se presentó de 3 a 6 días después para los frutos con RCBP. Mientras que a 5 + 25 °C, los frutos con RCBPV y RCBPC al sexto día de almacenamiento conservaron mayor proporción del peso inicial con respecto a SR (Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La menor pérdida de peso observada en frutos con RCBP más extractos vegetales posiblemente se debe

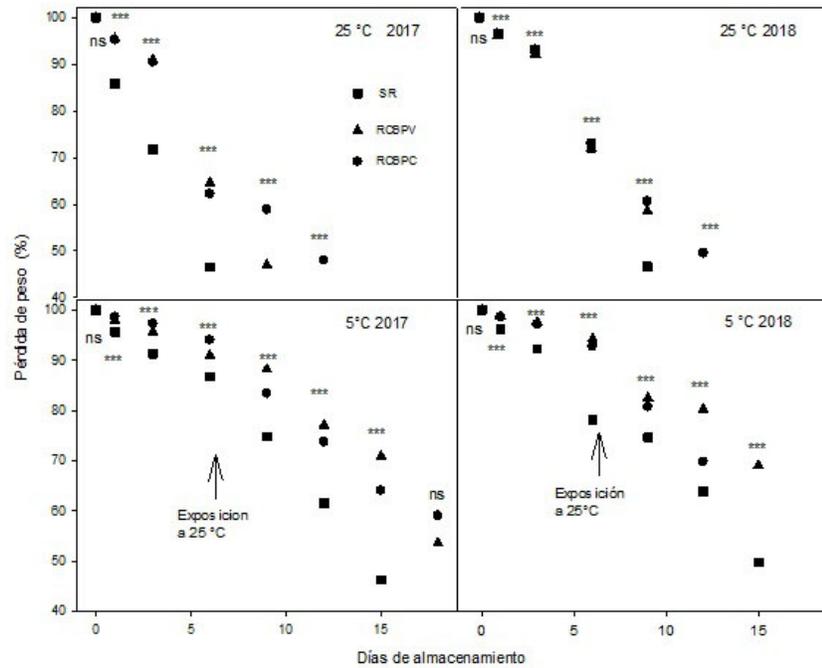


Figura 1. Tasa de pérdida de peso en frutos de *Ximenia americana*, en los periodos poscosecha 2017 y 2018, a dos temperaturas de almacenamiento. RCBPC: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Cissus*; RCBPV: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Vitis*; SR: sin recubrimiento. *** significativo a 0.001; ns no significativo a 0.05. Cada punto representa la media de 30 observaciones.

a la barrera que forma la cubierta comestible, con lo cual se reduce el intercambio gaseoso y la pérdida de vapor de agua (Han 2014).

FIRMEZA DE CÁSCARA Y PULPA

Durante el almacenamiento a cualquier temperatura y en todos los recubrimientos, se observó clara tendencia de disminución en la firmeza de cáscara y pulpa del tihuixocote. Sin embargo, para el caso del almacenamiento a 25 °C, el proceso de disminución de dicha firmeza fue en menos días, en comparación con el almacenamiento a 5 + 25 °C (Figuras 2 y 3). Los frutos SR llegaron a 0.75 N, o menos, a los 3 y 9 días después de almacenamiento (DDA), en 2018 y 2017, respectivamente, tanto en cáscara como en pulpa. A dicha temperatura, en ambos años, se observó que el último día en condiciones de anaquel, los frutos SR disminuyeron a menos de 50% de la firmeza inicial de cáscara. Se determinó que tanto los frutos con RCBPV y RCBPC, el último día de anaquel también presentaban en promedio 50% de la firmeza inicial, pero esto ocurre al menos 3 días después que en los frutos SR.

Por otro lado, en el almacenamiento a 5 + 25 °C; los frutos SR estuvieron en anaquel 15 días hasta llegar a valores cercanos a 30% de su firmeza inicial; mientras que los RCBPV y RCBPC llegaron con firmeza de cáscara hasta 60 y 40% del valor inicial en 2018 y 2017, respectivamente, y la firmeza de pulpa de 50 a 60% del valor inicial en los mismos años. La menor pérdida de firmeza de cáscara y pulpa se observó con la aplicación de RCBPC en ambas temperaturas de almacenamiento. Los recubrimientos comestibles han permitido conservar la firmeza de pulpa en mango almacenado en PET (Dussán-Sarria et al. 2014), lo cual también se ha observado en jitomates (*Solanum lycopersicum* L.) recubiertos con almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (Barco et al. 2011). En este sentido, la mayor retención de firmeza se asocia al retardamiento del proceso de maduración (Pereira et al. 2006).

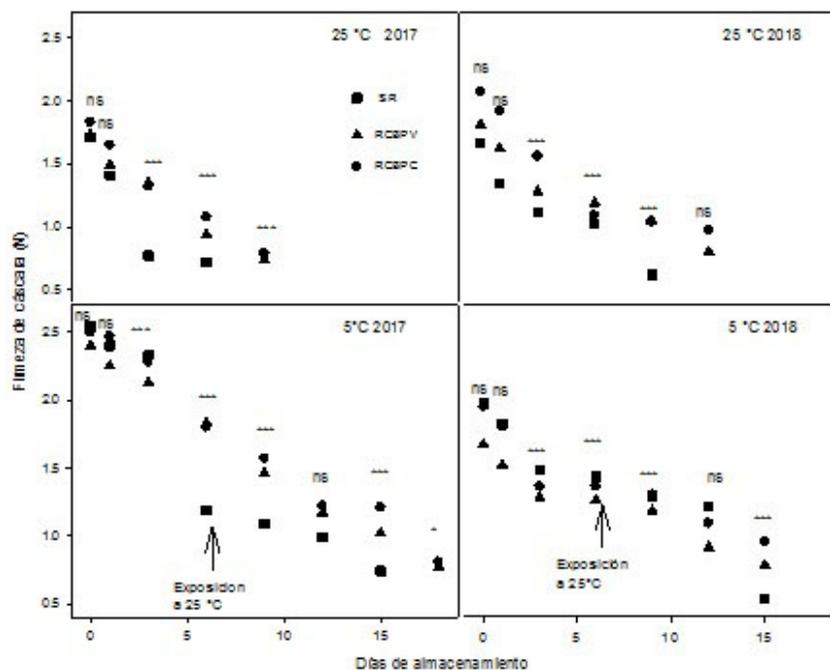


Figura 2. Firmeza de la cáscara de frutos de *Ximenia americana*, en los periodos poscosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento. RCBPC: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Cissus*; RCBPV: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Vitis*; SR: sin recubrimiento. *** significativo a 0.001; * significativo a 0.05. Cada punto representa la media de 30 observaciones.

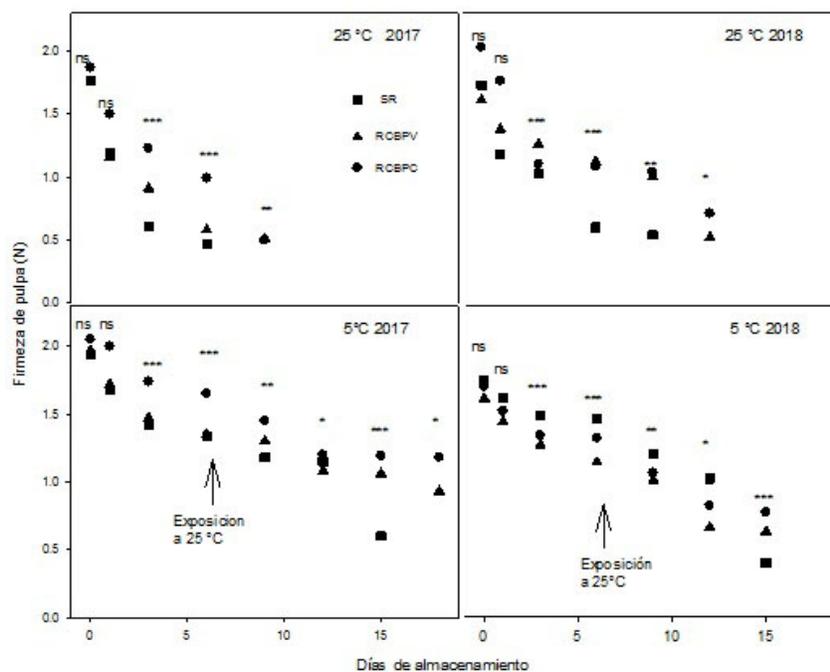


Figura 3. Firmeza de la pulpa de frutos de *Ximenia americana*, en los periodos poscosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento. RCBPC: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Cissus*; RCBPV: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Vitis*; SR: sin recubrimiento. *** significativo a 0.001; ** significativo a 0.01; * significativo a 0.05; ns no significativo. Cada punto representa la media de 30 observaciones.

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

En 2017, el contenido de SST alcanzó 28 °Brix en frutos SR almacenados a 25 °C a los 6 DDA. Mientras que los frutos con RCBPC y RCBPV promediaron 24 °Brix a 9 DDA. El almacenamiento a 5 + 25 °C ocasionó que los frutos con mayor contenido de SST fueran RCBPC y RCBPV en 2017, llegando a 25 °Brix (Figura 4). Es decir, existió menor acumulación de SST al almacenarse a 5 + 25 °C; sin embargo, los valores de SST alcanzados en ambos años se

ACIDEZ TITULABLE

Los resultados de AT arrojaron valores más altos de 0.3% de acidez para los frutos colectados en 2018 con respecto a los colectados en 2017 (Figura 5). Sin embargo, en ambos años, hay tendencia similar en la disminución de la acidez durante la maduración. En general, los valores de acidez en todos los frutos con RCBP son mayores que los frutos SR. Mora et al. (2009) reportaron mayor acidez titulable a la observada en este trabajo, con valores de 1%, mientras

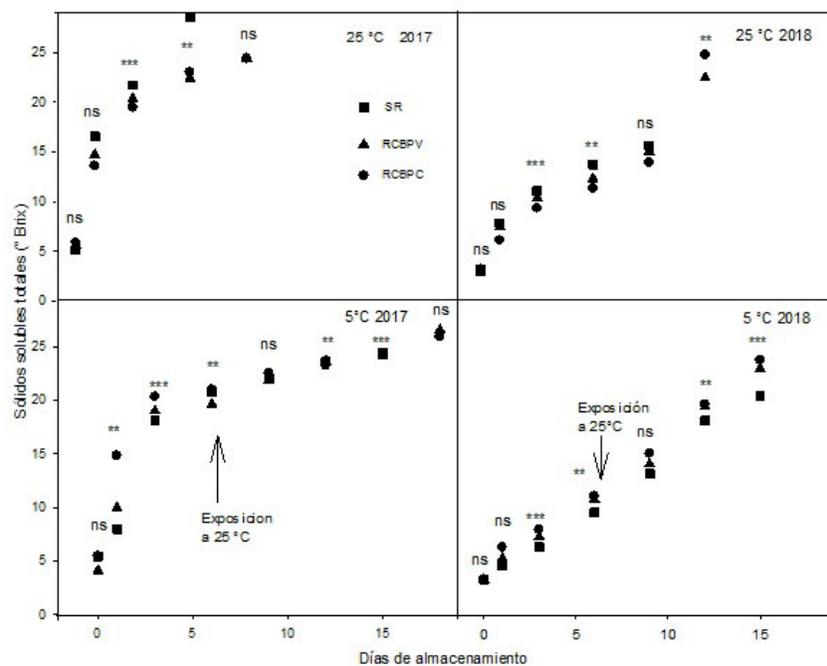


Figura 4. Contenido de sólidos solubles (°Brix) en frutos de *Ximenia americana* en los periodos poscosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento. RCBPC: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Cissus*; RCBPV: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Vitis*; SR: sin recubrimiento. *** significativo a 0.001; ** significativo a 0.01; ns no significativo. Cada punto representa la media de 30 observaciones.

encuentran sobre los rangos reportados por Mora et al. (2009): 10.9 a 16.3 °Brix, y similares a los 26 °Brix reportados por Da Silva et al. (2008). En este sentido, se puede inferir que los RCBP no causan efecto negativo en la maduración del tihuixocote. Esto corresponde a lo mencionado por Leak et al. (2017), quienes determinaron que, con coberturas de quitosano aplicadas en jitomate, la maduración tanto en refrigeración como a temperatura ambiente fue más lenta, y que los SST no difirieron ampliamente con el tratamiento.

que Da Silva et al. (2008) reportaron AT de 4% para frutos de tihuixocote provenientes de Brasil, y cuya acidez se redujo cerca del 14.4% durante el proceso de maduración. Se ha reportado que el cambio en AT en poscosecha se debe al empleo de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Sousa 2007). En este trabajo, de manera general se observó que en el almacenamiento a 25 °C y a 5 + 25 °C disminuyó la AT de manera más pronunciada en frutos SR que en aquellos frutos con alguna de las RCBP, lo cual sugiere menor actividad metabólica por la aplicación de RCBP a dicha temperatura de almacenamiento (Yang et al. 2009).

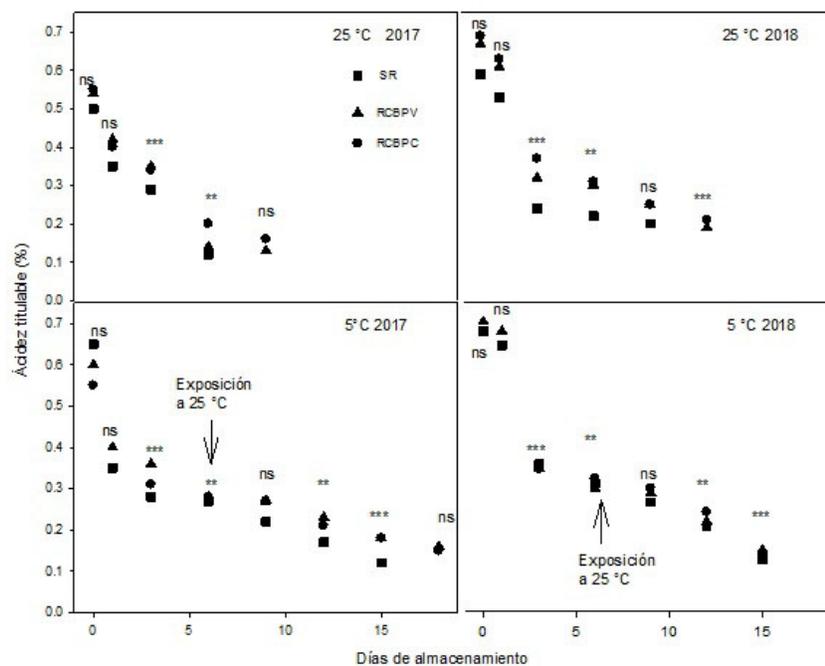


Figura 5. Acidez titulable en frutos de *Ximenia americana* en los periodos poscosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento. RCBPC: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Cissus*; RCBPV: recubierta comestible a base de pectina más extracto de *Vitis*; SR: sin recubrimiento. *** significativo a 0.001; ** significativo a 0.01; ns no significativo. Cada punto representa la media de 30 observaciones.

CONCLUSIONES

En 2017 y 2018, la aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote con aceite de semilla de vid silvestre más extracto de hojas de vid o de *C. tiliacea* incrementaron 3 días el almacenamiento de frutos de tihuixocote a 25 °C. Pero al almacenar seis días a 5 °C y posteriormente exponer los frutos a 25 °C, dicho aumento de periodo poscosecha sólo ocurrió en 2017; en 2018, los frutos de los tres tratamientos tuvieron el mismo número de días en almacenamiento. El recubrimiento comestible con

extracto de hojas de *C. tiliacea* limitó la tasa de pérdida de firmeza de la cáscara y pulpa, por lo que el uso de coberturas comestibles a base de pectina de tejocote y aceite de semilla de vid silvestre es recomendable para prolongar la vida útil de tihuixocote.

AGRADECIMIENTOS

AAMM fue becaria doctoral del CONACYT durante la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Algecira NA, Saavedra HN. 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *NOVA* 8: 171-182. <https://doi.org/10.22490/24629448.448>
- Apolonio-Rodríguez I, Franco-Mora O, Salgado-Siclan ML, Aquino-Martínez JG. 2017. Inhibición in vitro de *Botrytis cinerea* con extractos de hojas de vid silvestre (*Vitis* spp.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 170-185. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1611-1>
- Barco PL, Burbano AC, Mosquera SA, Villada HS, Navia DP. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista Investigación* 8: 96-103.
- Bello-Lara JE, Balois-Morales R, Juárez-López P, Alia-Tejacal I, Peña-Valdivia CB, Jiménez-Zurita JO, Sumaya-Martínez MT, Jiménez-Ruiz EI. 2016. Coatings based on starch and pectin from 'Pear' banana (*Musa* ABB), and chitosan applied to postharvest 'Ataulfo' mango fruit. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 22: 209-218. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.09.037>
- Brasileiro MT, do Egito MA, de Lima JR, Randau KP, Pereira GC, Neto PJR. 2008. *Ximenia americana* L.: botânica, química e farmacologia no interesse da tecnologia farmacêutica. *Revista Brasileira Farmacognosia* 89: 164-167.
- [CONAGUA] Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional [internet]. 2019. Reporte del clima en México. [cited 2020 Ene 3]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/RC-Mayo18.pdf>.
- Da Silva GG, De Souza PA, De Moraes PLD, Dos Santos EC, Moura RD, Menezes JB. 2008. Caracterização do fruto de ameixa silvestre (*Ximenia americana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 30: 311-314. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000200007>
- Da Silva-Leite ESK, Assreuy MSA, Damasceno EAL, Queiroz GRM, Mourão ASP, Pires FA, Pereira GM. 2017. Polysaccharide rich fractions from barks of *Ximenia americana* inhibit peripheral inflammatory nociception in mice: Antinociceptive effect of *Ximenia americana* polysaccharide rich fractions. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 27: 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.12.001>
- Dussán-Sarria S, Torres-León C, Hleap-Zapata JI. 2014. Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de mango Tommy Atkins mínimamente procesado. *Información Tecnológica* 25: 123-130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400014>
- Eça KS, Sartori T, Menegalli FC. 2014. Films and edible coatings containing antioxidants – a review. *Brazilian Journal of Food Technology* 17: 98-112. <http://dx.doi.org/10.1590/bjft.2014.017>
- Fernández D, Bautista S, Fernández D, Ocampo A, García A, Falcón A. 2015. Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24: 52- 56.
- Feyssa DH, Njoka JT, Asfaw Z, Nyangito MM. 2012. Uses and management of *Ximenia americana*, Oleaceae in Semi-arid east Shewa, Ethiopia. *Pakistan Journal of Botany* 44: 1177-1184.
- Franco-Mora O. 2010. Response to postharvest storage and fruit characterization of wild plum (*Ximenia americana* L.) in Mexico. 28th International Horticultural Congress. Lisbon, Portugal.
- Franco-Mora O, Salomon-Castaño J, Morales AA, Castañeda-Vildózola Á, Rubí-Arriaga M. 2015. Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre. *Scientia Agropecuaria* 6: 271-278.
- Franco-Mora O, Morales AA, Mirelles VAD, Castañeda-Vildózola A, Sánchez-Pale JR. 2016. Searching alternative uses for *Cissus tiliacea* Kunth fruit in Central Mexico: Seed oil and fruit liquor. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 141-149. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0343-2>
- Han J. 2014. Edible films and coatings: A review. In: Han J, editor. *Innovations in Food Packaging*. Elsevier, Berkeley. P. 213-255.
- Kara Z, Yazar K. 2019. Effects of grape seed oil on postharvest life and quality of some grape cultivars. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 13: 20-24.
- Leak C, Buntong B, Acedo AL, Easdown W, Hughes JA, Keatinge JDH. 2017. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of tomato during CoolBot cold storage. *Acta Horticulture* 1179: 107-110. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1179.16>
- Lozano-Grande M, Valle-Guadarrama S, Aguirre-Mandujano E, Lobato-Calleros CSO, Huelitl-Palacios F. 2016. Films based on hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit pectin and candelilla wax emulsions: Characterization and application on *Pleurotus ostreatus*. *Agrociencia* 50: 849-866.
- Madera-Santana JT, De Dios-Aguilar MA, Colín-Chavez C, Mariscal-Amaro LA, Núñez-Colín CA, Veloz-García R, Guzmán-Maldonado SH, Peña-Caballero V, Grijalva-Verdugo CP, Rodríguez-Núñez JR. 2019. Recubrimiento a base de quitosano y extracto acuoso de hoja de *Moringa oleifera* obtenido por UMAE y su efecto en las propiedades fisicoquímicas de fresa (*Fragaria* × *ananassa*). *Biotecnia* 21: 155-163. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.941>
- Maldonado Y, Salazar SM, Millones CE, Torres EV, Vásquez ER. 2010. Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *Revista Aporte Santiaguino* 3: 177-184.
- Mora VH, Franco-Mora O, López-Sandoval JA, Pérez-López DJ, Balbuena-Melgarejo A. 2009. Character-

- rization of wild plum (*Ximenia americana* L. var. *americana*; Olacaceae) fruit growing at Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. Genetic Resource and Crop Evolution 56: 719-727. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9422-6>
- Morales AA, Franco-Mora O, Castañeda-Vildozola Á, Morales-Rosales EJ. 2014. The anti-senescence effects of resveratrol reduces postharvest softening rate in cherimoya fruit. Scientia Agropecuaria 5: 35-44.
- Pereira MEC, da Silva AS, Bispo ASR, dos Santos DB, dos Santos SB, dos Santos VJ. 2006. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. Ciência e Agrotecnologia 30: 1116-1119.
- Placido GR, Silva RM, Cagnin C, Silva MAP, Soures JC, Caliaro M. 2015. Use of pectin in the storage of mangaba fruits (*Hancornia speciosa* Gomez) associated with refrigeration. African Journal of Biotechnology 14: 2786-2799.
- Sacande M, Vautier H. 2006. *Ximenia americana* seed leaflet. Millennium seed bank project, kew. Forest & landscape, Denmark Let. 112. Disponible en: https://curis.ku.dk/ws/files/20497181/ximenia_112.pdf.
- Saeed AEM, Bashier RSM. 2010. Physico-chemical analysis of *Ximenia americana*. L seed oil and structure elucidation of some chemical constituents of its seed oil and fruit pulp. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy 2: 49-55.
- Sarmiento JDA, Morais PLD, Souza FI, Miranda RA. 2015. Physical-chemical characteristics and antioxidant potential of seed and pulp of *Ximenia americana* L. from the semiarid region of Brazil. African Journal of Biotechnology 14: 1743-1752.
- Sawadogo A, Gnankine O, Badolo A, Ouedraogo A, Ouedraogo S, Dabiré A, Sanon A. 2013. First report of the fruits flies, *Ceratitis quinaria* y *Ceratitis silvestri*, on yellow plum *Ximenia americana* in Burkina Faso, West Africa. The Open Entomology Journal 7: 9-15.
- Sousa MB. 2007. Qualidade pós-colheita. Brasília: Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento-MA-P.A. Folhas de Divulgação AGRO 556.
- Systat Software, Inc. 2012. Systat, SigmaScan Pro, TableCurve 3D, PeakFit and AutoSignal. San José, USA.
- Tobar-Reyes JR, Franco-Mora O, Morales-Rosales EJ, Cruz-Castillo JG. 2011. Fenoles de interés farmacológico en hojas de vides silvestres (*Vitis* spp.) de México. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 10: 167-172.
- Vázquez-Briones MC, Guerrero-Beltrán JA. 2013. Recubrimientos de frutas con biopelículas. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 7: 5-14.
- Yang C, Chen T, Shen B, Sun S, Song H, Chen D, Xi W. 2009. Citric acid treatment reduces decay and maintains the postharvest quality of peach (*Prunus persica* L.) fruit. Food Science and Nutrition 7: 3635-3643. <https://doi.org/10.10017fsn3.1219>