

EFFECT OF WAX EMULSIONS AND 1-METHYLCYCLOPROPENE ON SOURSOP FRUIT POSTHARVEST CONSERVATION

Beatriz Tovar-Gómez¹; Miguel Mata-Montes de Oca¹;
Hugo Sergio García-Galindo²; Efigenia Montalvo-González^{1¶}

¹Laboratorio de Integral de Investigación en Alimentos (LIIA), Instituto Tecnológico de Tepic
Av. Tecnológico 2595 C. P. 63175. Tepic, Nayarit. Tel. y Fax: (311) 2119400 Ext. 328. MÉXICO.
Correo-e: efimontalvo@gmail.com (¶Autor para correspondencia).

²UNIDA, Instituto Tecnológico de Veracruz, M. A. de Quevedo Núm. 2779,
Veracruz, Ver. C. P. 91897. MÉXICO

RESUMEN

El fruto de guanábana (*Annona muricata* L.) es apreciado en el mercado nacional e internacional, pero su comercialización está limitada por su corta vida de anaquel. El fruto alcanza su madurez de consumo a los cinco días después de ser cosechado en madurez fisiológica, cuando se almacena a 25 °C y de ocho a nueve días a 13 ± 2 °C. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres emulsiones a base de ceras (Carnauba Tipo III, carnauba con aceites siliconados y candelilla) y el 1-metilciclopropeno (1-MCP), solos o en combinación con las emulsiones, en la vida de anaquel de la guanábana. Los frutos cosechados en madurez fisiológica y tratados se almacenaron a 13 ± 2 °C. Se analizaron los cambios en pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, color externo, luminosidad y firmeza en el fruto entero. Las emulsiones no retrasaron la maduración de la guanábana, pero sí disminuyeron la pérdida de peso de los frutos. El 1-MCP a 1000 nL·L⁻¹ por 12 h, tampoco retrasó la maduración, pero mantuvo más alta la firmeza de los frutos desde el día de la cosecha hasta los seis días de almacenamiento; sin embargo, el uso combinado del 1-MCP con las emulsiones retrasaron la maduración de seis y siete días más que el testigo. La aplicación del 1-MCP a 1000 nL·L⁻¹ por 12 h combinada con el recubrimiento a base de ceras de carnauba con aceites siliconados o candelilla y el almacenamiento a 13 ± 2 °C, puede ser una alternativa para extender la vida de anaquel de la guanábana.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Annona muricata* L., 1-MCP, emulsión, vida de anaquel.

EFFECT OF WAX EMULSIONS AND 1-METHYLCYCLOPROPENE ON SOURSOP FRUIT POSTHARVEST CONSERVATION

ABSTRACT

The soursop fruit (*Annona muricata* L.) is an important fruit in the national and international markets, but marketing is limited by the fruit's short shelf life. The fruit reaches ripeness five days after harvest at physiological maturity when stored at 25 °C and 8-9 days at 13 ± 2 °C. The objective of this study was to evaluate the effect of three wax emulsions on the shelf life of soursop fruit: Carnauba Type III, carnauba with silicone oils, and candelilla, and 1-methylcyclopropene (1-MCP), alone or in combination with emulsions. The fruits harvested at physiological maturity and treated were stored at 13 ± 2 °C. We analyzed the changes in weight loss, total soluble solids, titratable acidity, pH, external color, brightness and firmness in the whole fruit. The emulsions did not delay ripening of soursop, but decreased weight loss of fruits. The 1-MCP at 1,000 nL·L⁻¹ for 12 h did not delay ripening of soursop, but firmness of the fruits remained higher from the day of harvest to 6 days of storage, while the combination of 1-MCP + emulsions delayed ripening of soursop from six to seven days longer than the control. The application of 1-MCP at 1000 nL·L⁻¹ for 12 h combined with carnauba-silicone oil wax emulsions carnauba or candelilla and stored at 13 ± 2 °C is a possible alternative for extending the shelf life of soursop fruit.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Annona muricata* L., coating, 1-MCP, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) en México se cultiva principalmente en los estados de Colima, Veracruz, Chiapas, Tabasco, Michoacán y Nayarit; este último estado es el mayor productor de guanábana en la República Mexicana, con una superficie cultivada de aproximadamente 2,007.05 ha que representa el 87.66 % del total nacional (SIAP-SAGARPA, 2008). No obstante, se ha reportado hasta un 60 % de pérdidas poscosecha debido a la naturaleza perecedera y a la fragilidad a daños físicos de este fruto (Vidal y Nieto, 1997). Por lo anterior, la exportación de guanábana se debe realizar el día de la cosecha y el transporte debe ser vía aérea a 13 °C, lo cual resulta costoso (Vidal y Nieto, 1997). La demanda internacional de guanábana se ha incrementado, principalmente por los Estados Unidos (SIAP-SAGARPA, 2008); por lo que es importante la investigación de tecnologías que puedan extender la vida de anaquel y el manejo poscosecha de la guanábana.

Las anonáceas son frutos climatéricos que se clasifican como productores de grandes cantidades de etileno; alcanzan valores de hasta 10 $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de esta hormona, lo que hace que este fruto sea extremadamente perecedero (Paull, 1996). La refrigeración es uno de los métodos más utilizados a nivel mundial para conservación poscosecha de frutas (Potter y Hotchinks, 1995) y que puede combinarse con recubrimientos comestibles como las emulsiones a base de ceras, los cuales modifican la atmósfera interna de gases, reducen el metabolismo y la transpiración de algunos productos hortícolas (Baldwin *et al.*, 1999; Carrillo-López *et al.*, 2000). La presencia de una barrera artificial a la difusión alrededor de las frutas, puede causar distintos efectos, como disminución de los niveles de O_2 , aumento de CO_2 y por ende, cambiar el metabolismo del etileno; sin embargo, la efectividad de las mismas depende de los productos hortícolas en donde se aplique y específicamente de su composición química. Por esta razón el diseño de una cubierta comestible debe ser establecido para cada tipo de fruto (Petratrek *et al.*, 1999). La aplicación de recubrimientos céreos a base de carnauba y candelilla se ha estudiado en su mayoría en manzanas y cítricos, pues el objetivo principal es proporcionarle brillo a la cutícula de los frutos, aunque se encontró que también se alarga la vida de anaquel de los mismos (Alleyne y Hagenmaier, 2000; Bai *et al.*, 2003; Ben-Abda *et al.*, 1999). La empresa mexicana Multiceras S.A. de C.V. desarrolló nuevos recubrimientos comestibles o emulsiones a base de cera de carnauba tipo III (Emulwax 3060), en combinación con aceites siliconados (Emulwax 3061) y la de candelilla refinada (Emulwax 3070) con el fin de aplicarla a frutas, pero hasta el momento este tipo de emulsiones no se aplica a frutas perecederas como la guanábana de manera comercial, de ahí la importancia de este estudio.

El uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) representa otra alternativa de conservación que ha tenido gran auge en los últimos años; sin embargo, la eficacia del 1-MCP

depende de factores como la concentración, temperatura de aplicación, tiempo de exposición, especie y cultivar (Blankenship y Dole, 2003). La efectividad del 1-MCP en combinación con refrigeración ha sido demostrado en frutos de papaya 'Maradol', aguacate, mango y litchi (Osuna *et al.*, 2009, 2005a, 2005b; De Reuck, 2009). Por otro lado, la aplicación combinada del 1-MCP con un recubrimiento comestible a base de quitosano en el mango 'Ataulfo', retrasó por tres días el pico climaterio, en comparación con los frutos sólo tratados con 1-MCP (Muy, *et al.*, 2009).

Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres emulsiones a base de ceras y el 1-metilciclopropeno (1-MCP), solos o en combinación, en la vida de anaquel de la guanábana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el mes de abril de 2010. Los frutos de guanábana fueron donados por la organización 'Sistema producto Guanábana de Nayarit'; se cosecharon con color de cáscara verde claro, firmes y con espinas separadas en las huertas de El Tonino, municipio de Compostela, Nayarit. Se utilizaron frutos con pesos de 500 a 700 g, los cuales se lavaron y se sumergieron por 5 minutos en una solución de 2-(4-tiazolil)-1H-bencimidazol (20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) para prevenir crecimiento de hongos. Después, los frutos se separaron en ocho lotes. El primer lote de frutos se conservó como testigo; del segundo al cuarto lote de frutos se les aplicaron las emulsiones a base de ceras que fueron proporcionadas, ya preparadas, por la empresa Multiceras S.A de C.V. A un lote se le aplicó la emulsión base agua:cera de carnauba tipo III Emulwax 3060 (Emulsión 1) con 16 % de sólidos; a otro lote, una emulsión base agua:cera de carnauba tipo III y aceites siliconados grado alimenticio Emulwax 3061 (Emulsión 2) con 18 % de sólidos, y al tercero, la emulsión base agua:cera de candelilla refinada Emulwax 3070 (Emulsión 3) con 17 % de sólidos. Para aplicar las emulsiones, éstas se disolvieron nuevamente en agua en una relación 1:100 (v/v) y posteriormente los frutos se sumergieron durante 5 minutos. Los frutos se dejaron secar y después se almacenaron a 13 ± 2 °C y 85–90 % de humedad relativa.

Para los frutos con 1-MCP se aplicó 1,000 $\text{nl}\cdot\text{L}^{-1}$ por 12 h (quinto lote) mientras que las combinaciones de 1-MCP y las emulsiones, se aplicaron en ese orden, a las concentraciones previamente descritas. Los tratamientos fueron como sigue: Lote 6) 1-MCP más la emulsión base agua:cera de carnauba tipo III Emulwax 3060 (1-MCP + Emul 1); Lote 7) 1-MCP más la emulsión base agua:cera de carnauba tipo III y aceites siliconados grado alimenticio Emulwax 3061 (1-MCP + Emul 2); Lote 8) 1-MCP más la emulsión a base de agua:cera de candelilla Emulwax 3070 (1-MCP + Emul 3).

La aplicación con 1-MCP fue a 20 ± 2 °C y 85 ± 5 % de humedad relativa. Los frutos se introdujeron dentro de una cámara hermética provista de un ventilador y un

recipiente de liberación de 1-MCP. El recipiente contenía 161.84 mg de 1-MCP en polvo disueltos en agua destilada, con el fin de asegurar la dosis de 1,000 nL·L⁻¹ al volumen de la cámara; con el ventilador se homogeneizó la liberación de 1-MCP. Inmediatamente después de las 12 h de la aplicación, se realizó la inmersión de los frutos en las emulsiones como se describió anteriormente. Los frutos se dejaron secar y después se almacenaron a 13 ± 2 °C y 85-90 % de humedad relativa.

Los muestreos de las frutas se realizaron el día inicial de la cosecha y a los 3, 6, 9, 12, 15 y 18 días de almacenamiento. Se registraron los cambios en la pérdida acumulada de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, color externo (°Hue), luminosidad y firmeza externa.

La pérdida acumulada de peso se obtuvo diariamente al pesar 10 frutos en una balanza granataria Ohaus. Los sólidos solubles totales se analizaron por medio de un refractómetro digital marca Atago con corrección por temperatura, el cual se calibró con agua destilada (AOAC, 1984). La acidez titulable se determinó en la pulpa mediante el método de la AOAC (1984) y se expresó en porcentaje de ácido málico. El pH se midió de manera directa en la pulpa con un potenciómetro marca Jenco (AOAC, 1984). El color externo (°Hue) y la luminosidad se evaluaron en la parte externa y alrededor de todo el fruto (región cercana al pedúnculo, ecuatorial y cercana al ápice) con un colorímetro marca Minolta (CR-300). La firmeza se evaluó en las mismas regiones donde se midió el color externo, con un medidor de firmeza manual marca Shimpo, el cual midió la resistencia del fruto a la penetración de 1 cm del puntal cilíndrico que se usó.

Se consideró como unidad experimental un fruto de guanábana. Para evaluar los sólidos solubles totales, pH y acidez titulable, se realizaron tres observaciones con tres repeticiones por tratamiento; mientras que para evaluar el color externo, luminosidad y firmeza se realizaron 12 observaciones por cada uno de las tres repeticiones por tratamiento.

Los datos se analizaron con un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 4 y los factores principales a evaluar fueron el 1-MCP a dos niveles y las emulsiones a base de ceras con cuatro niveles. Los datos de los días 15 y 18 se analizaron con diseños unifactoriales completamente al azar. Los análisis de varianza se realizaron mediante el modelo lineal general del (GLM) del SAS (The SAS System for Windows™. Version 6.11) y se realizó una prueba de medias con el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el efecto principal de las emulsiones y el 1-MCP en los parámetros fisicoquímicos de la guanábana almacenada a 13 ± 2 °C (85-90 % HR). El efecto de las emulsiones se reflejó principalmente en la

pérdida de peso, ya que las tres emulsiones disminuyeron significativamente la pérdida de humedad. Los frutos testigo perdieron 3.71 % de peso, mientras que los tratados con cualquiera de las tres ceras perdieron entre 2.56 y 2.86 %, lo que indica que los frutos testigo perdieron de 23-30.1 % más que cualquiera de las tres emulsiones. No se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) de la pérdida de peso entre las emulsiones evaluadas y esto último se atribuye a que la diferencia entre la cantidad de sólidos de las formulaciones de dichas emulsiones es muy baja. Cohelo *et al.* (2004) reportaron que la aplicación de cera de polietileno en guanábana redujo hasta el 23 % la pérdida de peso; por su parte Castillo-Ánimas *et al.* (2005) observaron que la aplicación de la emulsión candelilla:agua (170) en este mismo tipo de fruto, redujo la pérdida de peso hasta en un 20 %, esto coincide con los resultados obtenidos en este trabajo. La reducción de la pérdida de agua de frutos no solamente depende de las condiciones de presión de vapor en el almacenamiento sino también de las aplicaciones de recubrimientos de cera en los frutos (Muy *et al.*, 2004). Existen diversos estudios donde se reporta que las ceras pueden reducir desde 26 hasta 72 % de pérdida de peso en mango y esto debido a que las ceras forman una barrera que retarda la difusión de los gases a través de la corteza de la cáscara de los frutos por constituir una resistencia al transporte de masa entre la fruta y el medio exterior (Baldwin *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2005). Las emulsiones céreas utilizadas tienen un porcentaje de entre 16-18 % de sólidos, esto significa que pudo existir una barrera a la difusión de gases y retrasó la pérdida de peso de los frutos.

La pérdida acumulada de peso fue un parámetro que también disminuyó con la aplicación del 1-MCP (Figura 1); los frutos testigo perdieron 22.6 % más de peso que los frutos con 1-MCP. Jeong *et al.* (2000) mencionan que la pérdida de peso en frutos tratados con 1-MCP, está correlacionado con una disminución en la velocidad de respiración y producción de etileno porque el 1-MCP es antagonista del etileno; por este motivo la maduración de algunos frutos es más lenta y a la vez la transpiración de los frutos puede disminuir. Osuna *et al.* (2005b) tuvieron resultados similares cuando aplicaron 1-MCP en aguacate 'Hass', la pérdida acumulada de peso se redujo considerablemente con respecto a los frutos que no se les aplicó 1-MCP; de esta manera se puede suponer que el 1-MCP tuvo el efecto mencionado en los frutos de guanábana.

En lo concerniente al efecto de las emulsiones y 1-MCP sobre la evolución de los sólidos solubles totales, acidez titulable y pH (Figura 1), se encontró que a los 3 y 6 días de almacenamiento a 13 ± 2 °C los frutos tratados con estos factores presentaron un menor contenido de los sólidos solubles, un retraso en el aumento de la acidez titulable y mayor pH que en los frutos testigo; esto significa que hubo un ligero retraso en la evolución de estos parámetros, pero en el último día de almacenamiento no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

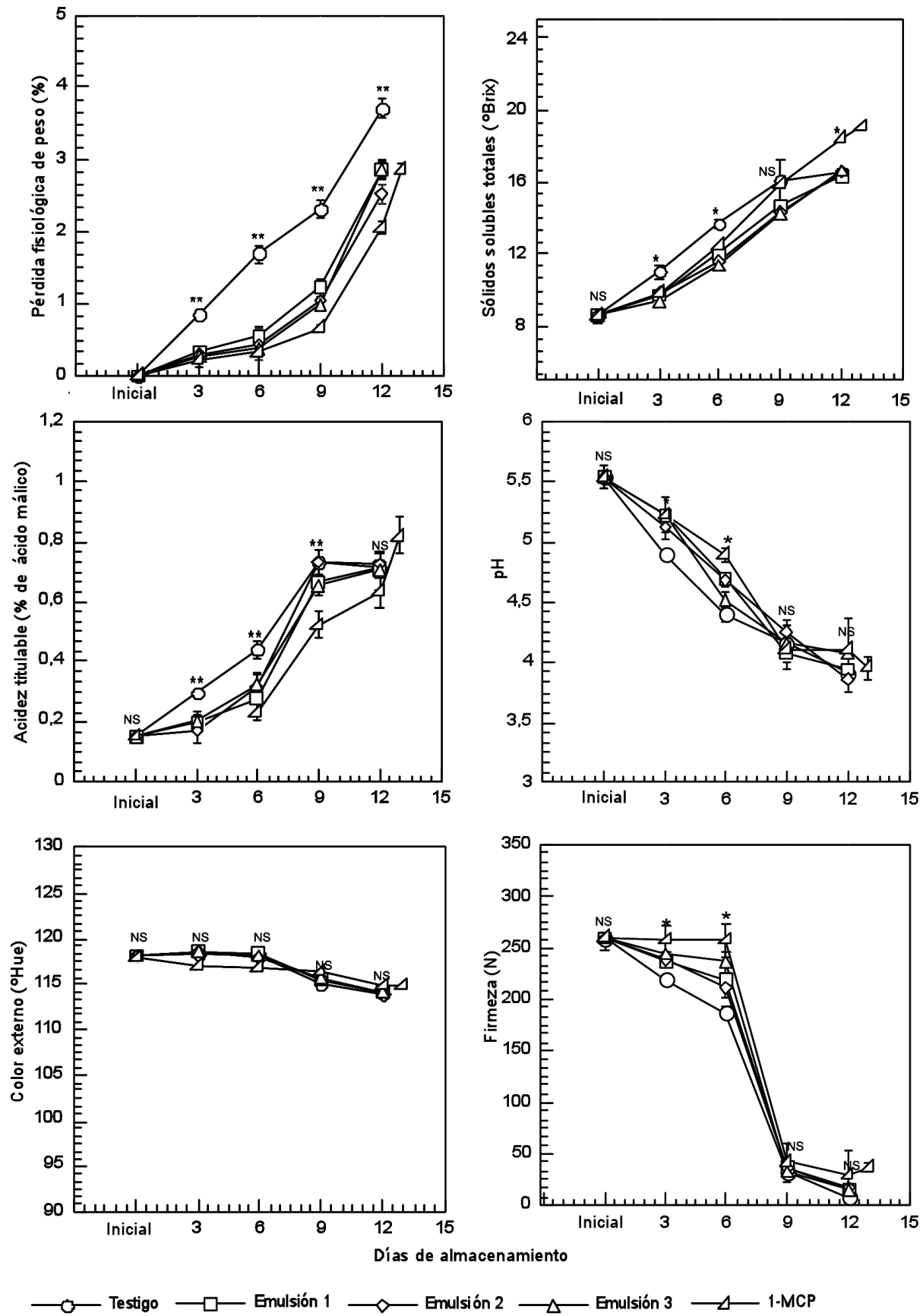


FIGURA 1. Efecto de las emulsiones Emulwax 3060 (1), Emulwax 3061 (2) y Emulwax 3070 (3) y 1-metilciclopropeno (1-MCP) en frutos de guanábana almacenados a 13 ± 2 °C sobre parámetros fisicoquímicos. Cada punto representa la media de tres réplicas ± el error estándar, excepto para la pérdida de peso con 10 réplicas. NS, no significativo; * y ** prueba de Tukey significativa; a una $P \leq 0.05$

Es importante mencionar que pocos son los frutos en los que incrementa la acidez titulable cuando maduran, la guanábana pertenece a este tipo de frutos al igual que la atemoya, ciruela (Wills *et al.*, 1998) y kiwi (Xu *et al.*, 2001).

El efecto de recubrimientos céreos en los parámetros fisicoquímicos mencionados se han estudiado en otros frutos; Pérez *et al.* (2005) reportaron que en el mango 'Tommy Atkins' encerado la evolución de los sólidos solubles, acidez titulable y pH se retrasó por dos días con respecto al testigo, concluyendo que hay un retraso en la maduración por efecto de las ceras. Hoa y Ducamp (2008) observaron que la aplicación de cera de carnauba con lecitina de soya retardó la maduración de mango 'Cat Hoa loc' por tres días con respecto al testigo, atribuyendo este efecto a que la cera aplicada es una barrera de difusión que altera la permeabilidad de los gases y de esta manera se disminuye el metabolismo. Así, es probable que el ligero retraso de los sólidos solubles de los frutos de guanábana con emulsiones céreas, así como el aumento la acidez titulable y disminución del pH se debe a que éstas emulsiones si funcionaron como una barrera de difusión, pero al tener un contenido de sólidos de 16-18 % el efecto fue poco efectivo en comparación con una cera ya que no se retrasó la maduración. Al final de almacenamiento (12 días) no se observó diferencia significativa entre tratamientos y las frutas ya se encontraban sobre maduras.

Con respecto al efecto del 1-MCP en parámetros fisicoquímicos de algunos frutos, se reporta que el 1-MCP puede retrasar la evolución de parámetros fisicoquímicos en kiwi (Xu *et al.*, 2001); pero en muchos otros frutos estudiados no se ha observado este efecto (Kluge *et al.*, 1999), sin embargo, para los frutos en los que se ha observado el efecto del 1-MCP, se ha concluido que se atribuye a que este compuesto retrasa la maduración al disminuir o inhibir la producción de etileno; por lo tanto si la maduración se retrasa, la evolución normal de los sólidos solubles, acidez titulable y pH es más lenta (Blankeship y Dole, 2003). Esto pudo suceder en los frutos de guanábana tratados con 1-MCP.

En el color externo (Figura 1) y la luminosidad (Figura 2) de los frutos, no se detectó efecto ni de las emulsiones ni del 1-MCP ($P \geq 0.05$). Desde el día de la cosecha hasta los seis días de almacenamiento el valor de °Hue en los frutos testigo (Figura 1) tuvo valores promedio de entre 115 y 116 (color verde claro), mientras que los valores promedios de la luminosidad oscilaron de 43-45; pero a los nueve días de almacenamiento el oscurecimiento en la cáscara fue muy evidente, por lo que el valor de °Hue y la luminosidad disminuyeron. El oscurecimiento de la cáscara y pulpa de guanábana se atribuye a la acción de polifenoloxidasas sobre compuestos fenólicos que se encuentran presentes (Lima de Oliveira *et al.*, 1994). Castillo-Ánimas *et al.* (2005) reportan que se presentó el oscurecimiento en la cáscara del fruto de guanábana almacenada entre 12-14 °C, tratada con una emulsión a base de cera de carnauba; concluyendo que estas ceras no reducen el oscurecimiento

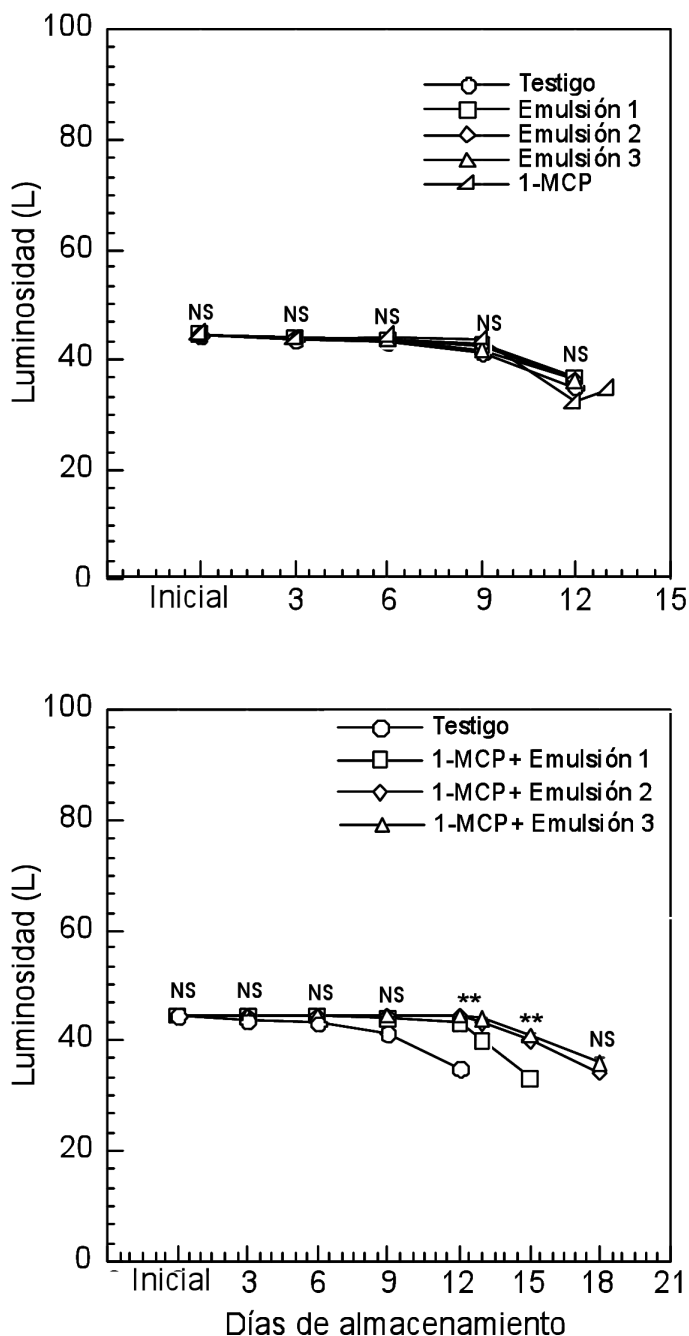


FIGURA 2. Efecto de las emulsiones Emulwax 3060 (1), Emulwax 3061 (2) y Emulwax 3070 (3) y 1-metilciclopropeno (1-MCP), solo o en combinación con emulsiones en frutos de guanábana almacenados a 13 ± 2 °C sobre la luminosidad. Cada punto representa la media de tres réplicas \pm el error estándar. NS, no significativo; * y ** prueba de Tukey significativa; a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

de la guanábana. El 1-MCP se ha mostrado eficaz para retrasar los cambios en el color de algunas frutas como el mango (Hofman *et al.*, 2001), pero por otro lado hay frutos en los que no hay ningún efecto en el cambio de color de la cáscara (Pelayo *et al.*, 2003), es posible entonces que en la guanábana tampoco hay efecto del 1-MCP en la degradación de la clorofila.

En el caso de la firmeza (Figura 1), los frutos con emulsiones tuvieron una firmeza ligeramente mayor que los frutos testigos desde el día tres hasta los seis días de almacenamiento (218 N). En frutos de mango 'Tommy Atkins' Baldwin *et al.* (1999), reportaron que el uso de la cera Nature-Seal® y carnauba retrasaron de manera significativa la pérdida de firmeza, esto debido a la retención del agua en los frutos encerados y que se relacionó positivamente con la firmeza. Por su parte Muy *et al.* (2004) señalaron que los frutos testigo de mango 'Keitt' expuestos a altos valores de déficit de presión de vapor, perdieron más rápido su firmeza que los frutos encerados y almacenados en condiciones de déficit de presión de vapor bajos. La retención de la firmeza en la guanábana con emulsiones desde el día de la cosecha hasta los seis días de almacenamiento fue evidente y coincidió con una pérdida de peso baja; pero a partir del día nueve la firmeza bajó rápidamente en todos los frutos. Según Sothornvit y Rodsamrana (2008) el ablandamiento de las frutas y hortalizas se debe a muchos factores, entre ellos la pérdida de presión de aire celular por la degradación de constituyentes de la pared celular y polisacáridos; por tal motivo estos autores proponen la hipótesis de que si se inicia la degradación de la pared celular por la maduración normal de las frutas se puede provocar una mayor cantidad de agua libre en la pulpa del fruto dando lugar a una textura húmeda y por tanto menor firmeza. Aunque los frutos de guanábana a los nueve días de almacenamiento no tuvieron una alta pérdida de peso, la disminución de la firmeza pudo ser porque se inició de manera natural el ablandamiento.

Con respecto al efecto del 1-MCP en la firmeza de los frutos de guanábana (Figura 1) se encontró que este compuesto mantuvo la firmeza ligeramente más alta (250N), que los frutos con emulsiones (218 N) y testigo desde el día tres del experimento hasta los seis días de almacenamiento y posteriormente disminuyó. Se ha demostrado que el 1-MCP es un compuesto que disminuye o inhibe temporalmente la actividad de enzimas que degradan la pared celular por ser un antagonista del etileno (Manenoi y Paull *et al.*, 2007). Osuna *et al.* (2009) reportaron que el 1-MCP retrasó el ablandamiento de papaya 'Maradol' cuando aplicaron 200 nL·L⁻¹. Debido a lo anterior es posible deducir que el 1-MCP en frutos de guanábana también pudo disminuir o inhibir la actividad de las enzimas que degradan la pared celular pero sólo por el tiempo en cual se mantuvo la firmeza alta, posteriormente el efecto del 1-MCP fue nulo ya que este efecto es reversible cuando los frutos empiezan su maduración (Blankeship y Dole, 2003).

En la Figura 3 se muestra el efecto de la combinación del 1-MCP con las emulsiones a base de cera, en la pérdida de peso. Los frutos testigo presentaron 59 % más de pérdida de peso que los frutos con 1-MCP+emulsiones para el día 12 de almacenamiento. Tampoco hubo diferencias significativas entre la combinación del 1-MCP con las diferentes emulsiones ($P \geq 0.05$). Si se comparan

estos tratamientos con el efecto principal de los factores, se llega a la conclusión de que resultó más efectiva la combinación de los mismos para disminuir la pérdida de peso. Resultados similares encontraron Cohelo *et al.* (2004), estos autores aplicaron primeramente cera de polietileno y después 200 nL·L⁻¹ de 1-MCP en guanábana 'Morada' y encontraron que se redujo la pérdida de peso con respecto a los frutos, sólo con cera o 1-MCP. Como se mencionó anteriormente, el 1-MCP retrasa la maduración y es posible que la transpiración del fruto también se vuelva más lenta (Jeong *et al.*, 2002); mientras que sustancias ceras en la superficie de las frutas aporta una barrera adicional y la deshidratación disminuye (Baldwin *et al.*, 1999). Así, conociendo el efecto de los factores principales se puede deducir que hubo un efecto sinérgico entre los dos factores evaluados reduciendo de manera significativa la pérdida acumulada de peso y por tanto, la calidad visual del fruto.

Con respecto al contenido de los sólidos solubles totales, acidez titulable y pH (Figura 3) en los tratamientos con la combinación de 1-MCP y emulsiones, se observó que causaron un retraso mayor en la evolución normal de estas variables que todos los demás tratamientos evaluados. No obstante, el mayor retraso de estos parámetros químicos y a la vez del proceso de la maduración fue en los frutos tratados con 1-MCP + Emul 2 y 1-MCP + Emul 3, ya que tuvieron una madurez de consumo hasta los 15 días de almacenamiento con tres días más para comercializarse (día 18). Los resultados coinciden en que fueron las emulsiones que tuvieron un mayor contenido de sólidos, por lo que quizá ha esto se deba el mayor retraso de la maduración. Cohelo *et al.* (2004), también reportaron un retraso en la evolución de estas mismas variables de repuesta en guanábana tratada con cera+1-MCP. A diferencia de esto, Muy *et al.* (2009) reportaron que la acidez titulable fue mayor en frutos tratados con 1-MCP a 800 nL·L⁻¹ con y sin la aplicación de una película comestible; concluyendo que este comportamiento posiblemente se debió a un retraso ligero en la actividad metabólica relacionada con velocidad de maduración de los frutos pero sólo por el efecto del 1-MCP. Ya se ha mencionado también que el uso de películas comestibles elaboradas con carbohidratos o carnauba, la maduración se retrasa debido al menor intercambio de gases entre el fruto y el medio (Baldwin *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2005). Por lo tanto, se puede deducir que los tratamientos de 1-MCP +emulsiones 2 y 3 fueron más efectivas en retrasar los parámetros químicos medidos, probablemente porque las emulsiones con mayor contenido de sólidos pudieron servir como barrera para que la permanencia del 1-MCP en el interior del fruto fuera más prolongada y así el efecto en el retraso de la maduración fue más efectivo, aunque haría falta mayor cantidad de estudios para soportar esto.

En el color externo, se encontró que en el tratamiento con 1-MCP y la emulsión a base de candelilla (1-MCP + Emul 3) el valor de °Hue disminuyó desde 116

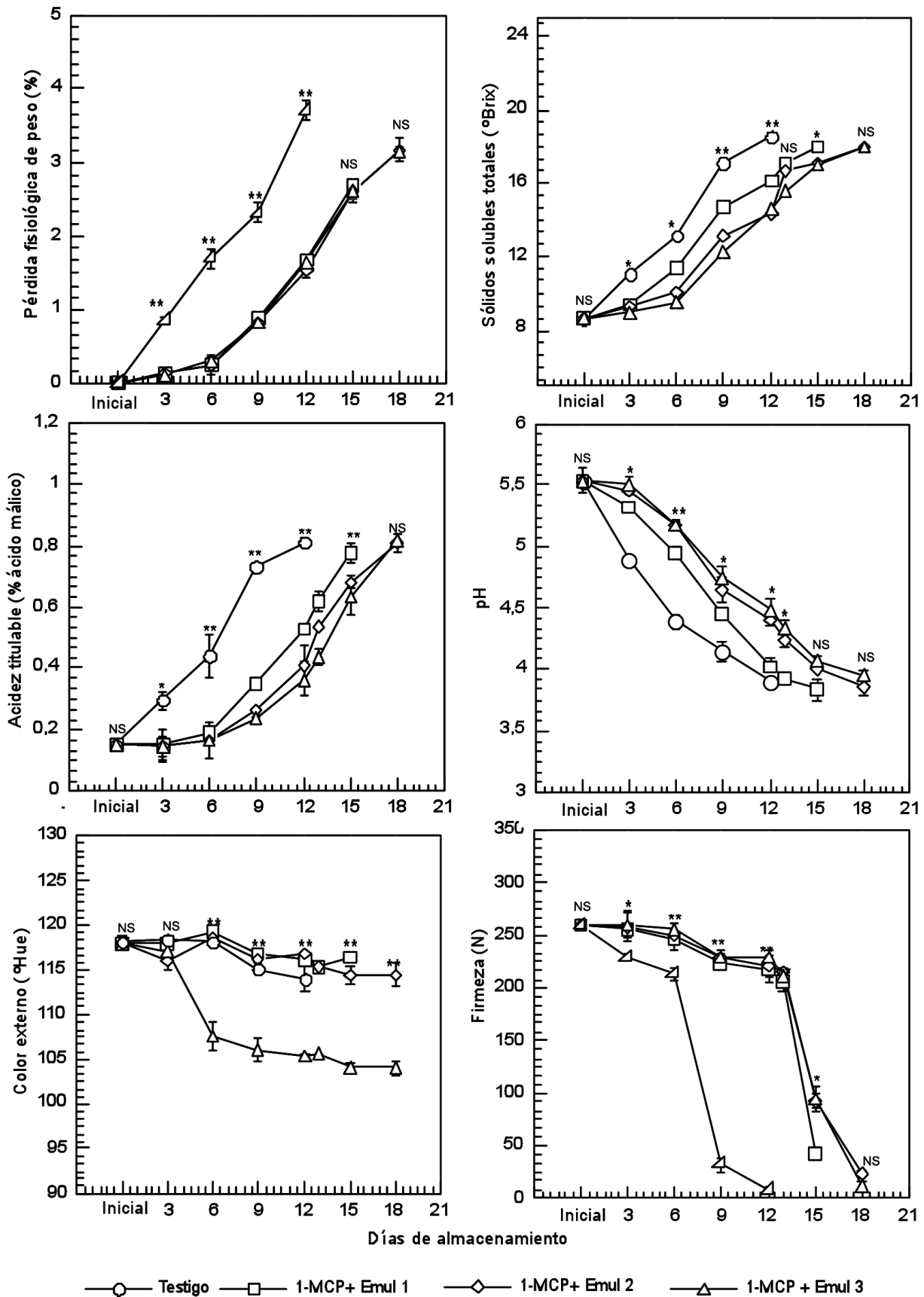


FIGURA 3. Efecto de la combinación del 1-metilciclopropeno con las tres emulsiones en frutos de guanábana almacenados a 13 ± 2 °C sobre parámetros fisicoquímicos. Cada punto representa la media de tres réplicas \pm el error estándar, excepto para la pérdida de peso con 10 réplicas. NS, no significativo; * y ** de acuerdo a la prueba de Tukey significativa; a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

a los seis días y de 104 al final del almacenamiento; mientras que la luminosidad (Figura 2) disminuyó en todas las combinaciones de 1-MCP y emulsiones sin existir diferencias significativas entre ellas ($P \geq 0.05$). La disminución de °Hue en el tratamiento mencionado indica que hubo un color amarillento de la piel. Los resultados están de acuerdo con los obtenidos por Lima *et al.* (2003) y por Cohelo *et al.* (2004) en guanábana 'Morada' tratada con cera+1-MCP; estos autores concluyeron que este amarillamiento puede estar asociado con la degradación de la clorofila. El 1-MCP ha mostrado eficacia para retrasar los cambios en el color de algunas frutas como el mango (Hofman *et al.*, 2001), pero por otro lado hay frutos en los que no hay ningún efecto del 1-MCP en los cambios de color en la cáscara (Pelayo *et al.*, 2003). Debido a que como factor principal no tuvieron efecto ni la emulsión 3 ni el 1-MCP en el cambio de color en los frutos de guanábana (Figura 1), es posible entonces que la composición de la cera con la combinación del 1-MCP haya provocado una degradación de la clorofila de los frutos.

En la variable firmeza se observó que los frutos testigo llegaron a madurez de consumo (36 N) para el día nueve de almacenamiento, mientras que los tratados con 1-MCP + emulsiones, la firmeza se mantuvo ligeramente abajo de los valores de corte (236 N) hasta los 13 días de almacenamiento y la madurez de consumo se observó a entre los 12 y 15 días (35.6N). Esto indica que el 1-MCP + emulsiones, retrasaron también el ablandamiento de los frutos. Se ha comprobado que este retraso o inhibición del ablandamiento es debido al efecto del 1-MCP porque inhibe la degradación de la pared celular en frutos como papaya 'Maradol' (Osuna *et al.*, 2009), manzana (Marin *et al.*, 2009); mango 'Ataulfo' (Muy *et al.*, 2009), ciruela (Khan y Singh, 2007), entre otros. Así, la mezcla 1-MCP con las emulsiones tuvo también un efecto sinergista para mantener la mayor firmeza por más tiempo en estos frutos.

CONCLUSIONES

Las emulsiones evaluadas y el 1-MCP, no retrasaron la maduración de la guanábana, pero sí disminuyeron la pérdida de peso con respecto al testigo. En cambio cuando se aplicó el 1-MCP a 1000 nL·L⁻¹ por 12 h combinado con las emulsiones a base de cera de carnauba con aceites siliconados o candelilla a una temperatura de almacenamiento de 13 ± 2 °C, puede ser una alternativa viable para manipular los frutos y para extender la vida de anaquel de la guanábana, ya que los frutos alcanzaron la madurez de consumo entre los 15 días de almacenamiento con tres días más para comercializarse.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) con Núm. de proyecto 2222-09.P

AgroFresh Inc., por otorgar el 1-MCP para la realización de este trabajo.

Al Sistema Producto Guanábana del estado de Nayarit. Especialmente al Lic. Joel Salas Praiz por la donación del fruto.

A la empresa Multiceras S.A. de C.V. por la donación de las emulsiones céricas.

LITERATURA CITADA

- ALLEYNE, V.; HAGENMAIER, R. D. 2000. Candelilla-shellac: an alternative formulation for coating apples. *HortScience* 35(4): 691-693.
- AOAC, 1984. Official Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1141p.
- BAI, J.; HAGENMAIER, R. D; BALDWIN, E. A. 2003. Coating selection for 'Delicious' and other apples. *Postharvest Biology and Technology* 28: 381-390.
- 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.
- BEN-ABDA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. 1999. Efecto de recubrimientos céricos sobre la calidad de mandarina cv. Fortune en la comercialización directa y frigoconservación. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 1(2): 142-149.
- BLANKENSHIP, S.; DOLE, J. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- CARRILLO, L. A.; RAMÍREZ, B. F.; VALDEZ, T. J. B.; ROJAS, V. R.; YAHIA, E. M. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality* 23: 479-486.
- CASTILLO-ÁNIMAS, D.; VARELA-HERNÁNDEZ, G.; PÉREZ-SALVADOR, B. R.; PELAYO-ZALDÍVAR, C. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 51-57.
- COELHO DE LIMA, M. A; ELESBÃO A. R; CUNHA, F. H. A.; GURGEL, L. J. R. 2004. Uso de cera e 1-Metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona Muricata* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 26(3): 433-437.
- DE REUCK, K.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. 2009. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology* 52: 71-77.

- HOA, T. T.; DUCAMP, M. N. 2008. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoaloc' mangoes in storage. *Postharvest Biology and Technology* 48: 150-152.
- HOFMAN, P. J.; JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, F. G.; MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 567-572.
- JEONG J.; HUBER, D. J.; SARGENT, S. A. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 25: 241-256.
- KHAN, A. S.; SINGH, Z. 2007. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharvest Biology and Technology* 43: 298-306.
- KLUGE, R. A.; BILHALVA, A. B.; CANTILLANO, R. F. F. 1999. Influência do estágio de maturação e da embalagem de polietileno na frigoconservação de ameixa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(3): 323-329.
- LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ENÉAS-FILHO, J. 2003. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) 'Morada' sob temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 49-52.
- LIMA DE OLIVIERA, S.; BARBOSA, G. N.; SUCUPIRA, M. I.; SOUZA, L. A. V. 1994. Polyphenoloxidase activity, polyphenols concentration and browning intensity during soursop (*Annona muricata* L.) maturation. *Journal of Food Science* 59(5): 1050-1052.
- MANENOI, A.; BAYOGAN, E. R.; THUMDEE, S.; PAULL, R. E. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biology and Technology* 44(1): 55-62.
- MARIN, A. B.; COLONNA, A. E.; KUDO, K.; KUPFERMAN, E. M.; MATTHEIS, J. P. 2009. Measuring consumer response to 'Gala' apples treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology* 51: 73-79.
- MUY, R. D.; ESPINOZA, V. B.; SILLER, C. J.; SAÑUDO, B. J. A.; VALDEZ, T. B.; OSUNA, E. T. 2009. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango 'Ataulfo'. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32(1): 53-60.
- MUY, R. D.; SILLER, C. J.; DÍAZ, P. J.; VALDEZ, T. B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad del mango. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(2): 201.
- OSUNA, G. J. A.; PEREZ, B. M. H.; VAZQUEZ, V. V.; URIAS, L. M. A. 2009. Alternativa comercial para extender vida de anaquel de papaya 'Maradol'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2): 199-204.
- OSUNA, G. J. A.; BELTRAN, J. A.; URIAS, L. M. A. 2005a. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 271-278.
- OSUNA, G. J. A.; BELTRAN, J. A.; VAZQUEZ, V. V. 2005b. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate 'Hass'. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 1-8.
- PAULL, E. R. 1996. Postharvest atemoya fruit splitting during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 8: 329-334.
- PELAYO, C.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; BENICHOU, M.; KADER, A. A. 2003. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 28(1): 75-85.
- PEREZ, B.; BRINGAS, E.; CRUZ, L.; BAEZ, S. R. 2005. Evaluación de cera comestible en mango 'Tommy Atkins' destinado a la comercialización para el turismo parte I: Efecto en las características físico-químicas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha* 7(1): 24-32.
- PETRAČEK, P. D.; HAGENMAIER, R. D.; DOU, H. 1999. Waxing effects on citrus fruit physiology, pp.71-92. *In: Advances in postharvest diseases and disorders control of citrus fruit*. SCHIRRA, M. (ed). Research Signpost, India.
- POTTER, N.; HOTCHKISS, Y. J. 1995. *Ciencia de los Alimentos*. Acribia. Zaragoza-España. 180-548 p.
- VIDAL H. L.; NIETO, A. D. 1997. Diagnóstico técnico y comercial de la guanábana en México. *Memorias del Congreso Internacional de Anonáceas*. Chapingo. México. pp. 18.
- SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de información agroalimentaria y pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible *In: http://www.siap.sagarpa.gob.mx*.
- SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. 2009. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology* 47: 407-415.
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. C. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. 4th ed. Wallingford: New South Wales University Press, USA. 262p.
- XU, S.; CHEN, X.; SUN, D. W. 2001. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering* 50(4): 211-216.