

Maduración postcosecha de frutos de *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console, tratados con 1 – MCP

Dorantes-Murillo Cristian Emmanuel, Trujillo-Hernández Antonia, Mandujano–Piña Manuel

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Laboratorio de Fisiología vegetal y Colección de cultivos bacterianos. Av. De los Barrios No. 1, Tlalnepantla de Baz, Edo. de México. C.P. 05490. México.

*Autor para correspondencia: antruher@unam.mx

Recibido:

13/marzo/2020

Aceptado:

30/octubre/2020

Palabras clave:

1-metilciclopropeno,
maduración,
garambullo

Keywords:

1-methylcyclopropene,
maturation,
garambullo

RESUMEN

El fruto de *Myrtillocactus geometrizans* conocido como garambullo posee un alto potencial económico, se consume como fruta de temporada y mínimamente procesado, presenta corta vida postcosecha por lo cual es importante buscar alternativas para aumentar su vida en anaquel. El 1-MCP (1-metilciclopropeno) tiene una alta afinidad por los receptores del etileno por lo que es utilizado para prolongar la vida de anaquel de los frutos. En este trabajo se evaluó la maduración de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* en dos estados de maduración: verdes y rojos, a los cuales se les aplicó 1-MCP, y se les registró peso, firmeza, actividad respiratoria, sólidos solubles totales, acidez titulable y contenido de azúcares. Los resultados mostraron diferencias en la pérdida de peso y firmeza, no se observaron diferencias en actividad respiratoria, contenido de azúcares, acidez titulable y sólidos solubles totales en los frutos tratados con 1-MCP.

ABSTRACT

The fruit of *Myrtillocactus geometrizans* known as garambullo has a high economic potential, it is consumed as a seasonal and minimally processed fruit, it has a short post-harvest life, so it is important to look for alternatives to increase your shelf life. 1-MCP (1-methylcyclopropene) has a high affinity for ethylene receptors, so it is used to prolong the shelf life of fruits. In this work the ripening of the fruits of *Myrtillocactus geometrizans* in two ripening stages was evaluated, to which 1-MCP was applied, and weight, firmness, respiratory activity, total soluble solids and sugar content were recorded. The results showed differences in weight loss and firmness, no differences were observed in respiratory activity, content of sugars, titratable acidity and total soluble solids in the fruits treated with 1-MCP

Introducción

Myrtillocactus geometrizans es una especie endémica de México que pertenece a la familia Cactaceae del orden de las Caryophyllales, crece en zonas áridas y semiáridas, en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Zacatecas Oaxaca, Guerrero, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Estado de México, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato. Su fruto es conocido como garambullo, desde el punto de vista botánico es una baya redonda y lisa, de 1 a 2 cm de diámetro de color púrpura, sin espinas y comestible, la pulpa presenta una consistencia gelatinosa, de color que va de rojo a morado intenso. El fruto contiene elementos nutritivos como el calcio, vitamina C y betalainas. Su época de producción se da durante los meses de junio a septiembre, por lo que en esta época se puede encontrar en los mercados locales de los estados donde se desarrolla (Bravo- Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978; Guzmán-Maldonado et al., 2010). No existe información sobre el punto óptimo de maduración para su cosecha, por lo que los colectores locales se basan en su experiencia (Herrera- Hernández et al., 2011).

De acuerdo con algunos autores el fruto es muy apreciado por sus características organolépticas, se consume fresco o mínimamente procesado, como mermeladas o jaleas (Hernández - López, et al., 2008), también se utiliza para elaborar dulces, nieves, helados, paletas, agua fresca y licor (Bravo- Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). El fruto de Garambullo posee corta vida poscosecha, ya que se recolecta en la madurez para su consumo, se ha reportado que si el fruto se refrigera a 4 ° C o congela a -2 ° C, se mantiene en buen estado hasta por 50 días (López-Palestina et al., 2019).

Por otro lado, es sabido que la maduración y senescencia de productos agrícolas es regulada por el etileno, fitohormona que estimula la expresión de genes que codifican para las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia (Balaguera et al., 2015). El etileno tiene varias funciones en la poscosecha, por un lado, ocasiona que los frutos adquieran las características organolépticas óptimas para su consumo, y por otro es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad (Bapat et al., 2010). Existen diversos métodos para prevenir el efecto del etileno, uno de ellos consiste en bloquear la unión del etileno a su receptor mediante la aplicación de sustancias como tiosulfato de plata, diazociclopentadieno y el 1-metilciclopropeno (Serek et al., 2006).

El 1-MCP (1-metilciclopropeno) es una olefina cíclica, que ocupa los receptores del etileno de manera irreversible, bloqueando la cascada de transducción de

señales que conllevan a la expresión de genes relacionados con la respuesta al etileno (In et al., 2013). La afinidad del 1-MCP por los receptores es diez veces mayor a la del etileno y actúa a más bajas concentraciones (Blankenship y Dole, 2003). El compuesto no es tóxico, es inodoro, estable a temperatura ambiente, además, es de fácil aplicación y altamente eficaz para proteger a muchas especies agrícolas de la acción del etileno: plantas en maceta, vegetales, flores cortadas y frutos (Hubert, 2008).

En el mercado existen productos comerciales que liberan 1-MCP (1-metilciclopropeno) al combinarse con el agua, estos son [™]SmartFresh y EthylBloc® ambos han mostrado resultados positivos en la conservación de diversos vegetales, flores y frutos tanto climatéricos como no climatéricos (Serek et al., 2006).

Debido a la corta vida poscosecha del fruto y a su potencial como alimento nutritivo es importante buscar alternativas para aumentar su vida en anaquel, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la maduración de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* tratados con 1-MCP en dos estados de maduración del fruto.

Metodología

Recolección de los frutos

Se colectaron 500 frutos de Garambullo en la localidad de Venta Salada, perteneciente al municipio de Coxcatlán, Puebla ubicada en los 97° 11' 48" y 97° 12' 13" longitud oeste y a los 18° 16' 45" y 18° 17' 9" latitud norte, en los paralelos 18° 07' 54" y 18° 21' 06" de latitud norte, y los meridianos 96° 59' 06" y 97° 12' 06" de longitud occidental. Colinda al norte con Ajalpan y Zoquitlán, al sur con el estado de Oaxaca, al este con Coyomeapan y al oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán (© 2020 Google, INEGI). Los frutos se cosecharon con la ayuda de una garrucha que en uno de sus extremos portaba una botella de plástico a forma de canastilla. con un corte en V para facilitar la colecta, después de colectados los frutos y para disminuir su temperatura, fueron colocados a la sombra, posteriormente se pesaron en una balanza con precisión de 0.01 g y midieron con un vernier digital para seleccionar frutos en buen estado, de color verde uniforme y con un rango de peso entre 0.40 a 0.60 g. Al siguiente día y para la aplicación del tratamiento se volvieron a separar en frutos de color rojo y los que permanecían verde, considerando así los dos estados de maduración de los frutos.

Sanitización

Los frutos seleccionados fueron sumergidos en una solución sanitizante de hipoclorito de sodio a 200 ppm durante 15 minutos, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente sobre papel absorbente.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, donde los factores fueron: 1-MCP con dos niveles con y sin 1-MCP, y estado de maduración del fruto: verdes y rojos, la unidad experimental consistió en 3 frutos de garambullo con 5 repeticiones. Como variables de respuesta se evaluaron: porcentaje de pérdida de peso, firmeza, contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, así como contenido de azúcares reductores y actividad respiratoria.

Aplicación de 1-MCP

Se colocaron los frutos seleccionados verdes y rojos en un desecador con tapa hermética con ethylbloc disuelto en agua a una concentración de 22 mg/ L durante 21 horas, una vez concluido el tiempo del tratamiento, los frutos con y sin 1-MCP se colocaron en grupos de tres, a temperatura ambiente dentro de una charola de acero inoxidable.

Variables de respuesta

Se registraron las variables de: pérdida de peso, firmeza, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable azúcares reductores y actividad respiratoria de los frutos con y sin tratamiento durante un periodo de 2, 4 y 8 días.

Peso y Firmeza

Los frutos se pesaron en una balanza digital con precisión de 0.01 g y se calculó el porcentaje de pérdida de peso. Para medir la firmeza se utilizó un penetrómetro (Wagner FT02 - fruit tester) los resultados obtenidos se reportaron en unidades de Kg/cm².

Sólidos solubles totales y acidez titulable

Los sólidos solubles totales (SST) se midieron utilizando una a dos gotas del jugo del fruto, colocándolas en un refractómetro RitcheT (modelo 10430) escala 0-30 °Brix, los resultados se reportan como °Brix.

Para la acidez titulable se utilizó 0.5 g de pulpa homogenizados con 5 mL de agua destilada, se filtró y tituló con hidróxido de sodio 0.1 N hasta pH 8.4, el porcentaje de acidez se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula: % de ácido = mL NaOH * N * Meq * V * 100 / peso muestra * alícuota (AOAC, 1985).

Azúcares reductores

Para la cuantificación de azúcares reductores se utilizó la técnica de Nelson Somogyi (1952) modificado a 0.4 gramos de pulpa.

Respiración

Se midió la producción de CO₂ con un IRGA (PP SYSTEMS modelo EGM-4), colocando tres frutos en la cámara del aparato, dejando estabilizar 15 min para posteriormente realizar los registros durante 7 min. Los registros se realizaron a la misma hora del día.

Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos fueron analizados con ANOVA de dos factores y comparación de medias LSD con $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

En general se observó que los frutos sin 1-MCP presentaron una mayor pérdida de peso (Figura 1), el análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los frutos sin tratamiento y los frutos verdes a los que se aplicó 1-MCP ya que estos presentaron disminución en la pérdida de peso, lo cual concuerda con otros trabajos donde se aplicó 1-MCP en frutos de cactáceas como la pitahaya *Hylocereus undatus*. (Nerd et al., 1999) así como la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (Deaquiz et al., 2014).

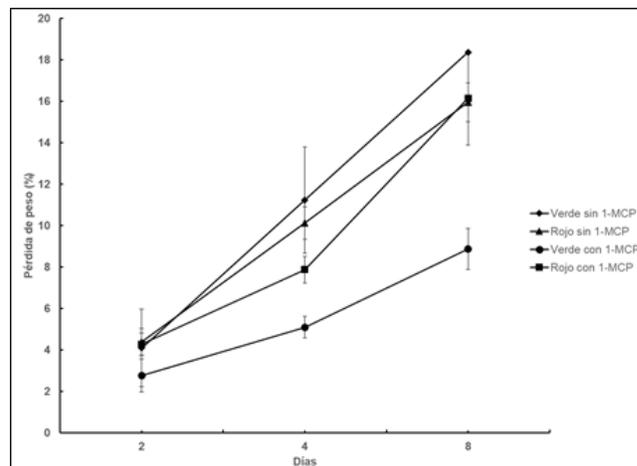


Figura 1. Pérdida de peso de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* en dos estados de maduración, con y sin aplicación de 1-MCP. Promedio \pm error estándar.

Sin embargo, para los frutos rojos no se encontró diferencia significativa. Por otra parte, la pérdida de peso aun con el 1-MCP fue mayor al 5% a partir del cual se considera como suficiente para considerar una reducción en la calidad de los frutos (Wills et al., 2007).

Firmeza

Se observó una tendencia general de pérdida de firmeza de los frutos con y sin tratamiento (Figura 2), el análisis estadístico mostro diferencias significativas entre los frutos con y sin 1-MCP, donde los frutos verdes de cada tratamiento presentaron mayor firmeza con respecto a los frutos rojos, siendo esto acorde a su estado de

madurez, sin embargo, no se muestran diferencias significativas entre los frutos verdes con y sin 1-MCP.

La pérdida de firmeza, está asociada a la acción de las enzimas hidrolasa, encargadas de la degradación de las sustancias pécticas y hemicelulósicas que forman parte de las paredes celulares, las cuales se encargan de mantener la fuerza de tensión proporcionando firmeza al fruto, este grupo de enzimas son inducidas por la acción de un conjunto de genes que regula el etileno (Sañudo et al., 2008); por lo que debido a la inhibición que provoca el 1-MCP en el etileno, estos factores enzimáticos disminuyeron su actividad, teniendo como resultado una reducción en la velocidad de la pérdida de firmeza en los frutos de garmbullo, esto es similar a lo que se reporta para los frutos de pitahaya amarilla de *Selenicereus megalanthus* y otros frutos como manzana, pera y melón (Deaquiz et al., 2014).

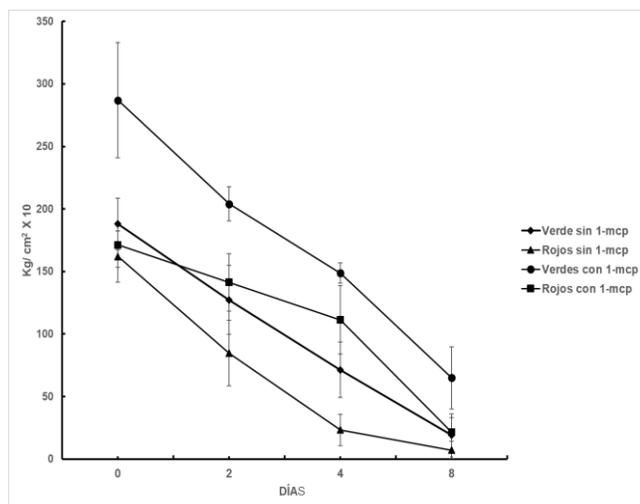


Figura 2. Pérdida de firmeza de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* en dos estados de maduración, con y sin aplicación de 1-MCP. Promedio \pm error estandar.

Tabla 1. Contenido de Sólidos Solubles Totales y Acidez titulable de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* a los 8 días de aplicado el tratamiento.

Estado de madurez/tratamiento	SST (°Brix)	Acidez titulable (%)
Verdes S	2.71 \pm 0.44	31.22 \pm 1.92
Rojos S	2.66 \pm 0.34	27.14 \pm 3.58
Verdes C	2.98 \pm 0.47	24.54 \pm 2.48
Rojos C	3.83 \pm 0.38	22.85 \pm 1.85

Nota: S= sin 1-MCP, C= con 1-MCP, \pm error estándar.

Sólidos solubles totales

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos respecto a los sólidos solubles totales (SST), lo cual difiere a lo reportado para pitahaya amarilla tratada con 1-MCP en la que se encontró un incremento progresivo de SST para los frutos, así mismo los valores encontrados son significativamente menores (Tabla 1) a los reportados (30.7 y 34.3 °Brix) para frutos de otros lugares, al respecto de esto se menciona que es posible la presencia de variaciones en las características fisicoquímicas y nutricionales entre los frutos de acuerdo a la localidad de dónde se desarrollen (Guzmán -Maldonado et al., 2010; López- Palestina et al., 2019).

Acidez titulable

De igual manera para el contenido de acidez titulable no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, aun cuando se observó una tendencia a disminuir en los frutos con 1-MCP, lo anterior coincide con lo encontrado para los frutos de *Selenicereus megalanthus* tratados con 1-MCP el cual no tuvo efecto sobre esta variable (Deaquiz et al., 2014).

Por otra parte es importante señalar que los valores observados tanto en frutos verdes como rojos (Tabla 1) son mayores a los reportados para frutos de *M. geometrizans* de Guanajuato y Querétaro los cuales son de 12.8 g/ kg \pm 1.6 (Guzmán -Maldonado et al., 2010).

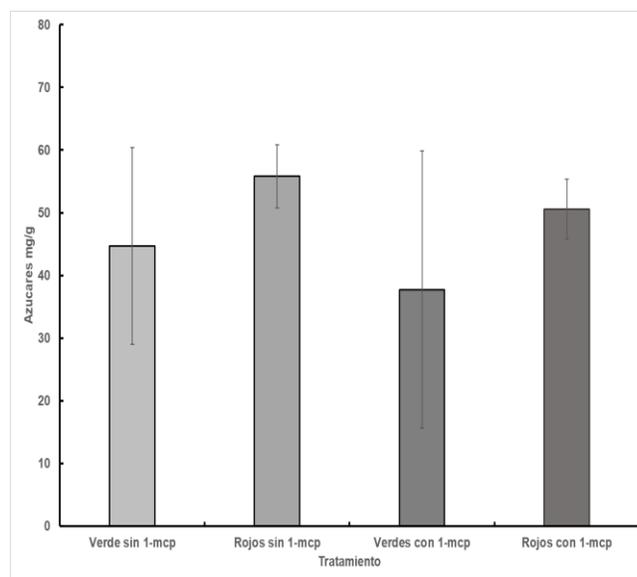


Figura 3. Contenido de azúcares reductores de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* en dos estados de maduración, con y sin aplicación de 1-MCP, en el día 8. Promedio \pm error estandar.

Azúcares reductores

No se presentaron diferencias estadísticas en el contenido de azúcares (Figura 3) entre los frutos con y sin 1-MCP, esto atribuido a la variación entre los datos, sin embargo la tendencia observada fue un menor contenido de azúcares para los frutos con 1-MCP mientras que los frutos rojos con y sin 1-MCP presentaron un mayor contenido de azúcares (50.57 y 55.80 mg/g) el cual es menor al reportado de 103 a 105 g/kg de peso para *M. geometrizans* de los estados de Guanajuato y Querétaro (Guzmán-Maldonado, et al., 2010).

Respiración

La actividad respiratoria de los frutos en los dos estados de maduración con y sin 1-MCP no presentaron diferencia, este comportamiento fue similar al reportado para la pitahaya amarilla a la cual se le aplicó 1-MCP y este no afectó la respiración (Deaquiz, et al., 2014). La tendencia observada fue para los frutos rojos con y sin 1-MCP (Figura 4) los cuales presentaron al inicio una respiración mayor los frutos con tratamiento y menor para los frutos sin tratamiento, sin embargo para el día 4 ambos presentaron una actividad respiratoria similar a los frutos verdes, este comportamiento es similar al presentado por frutos no climatéricos (Bapat et al., 2010).

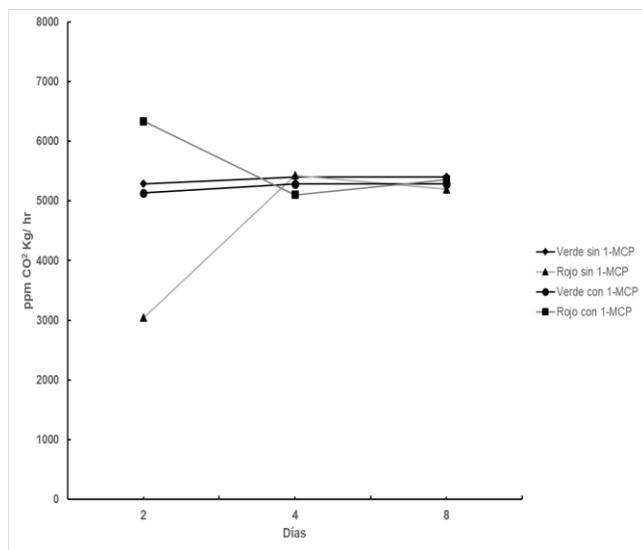


Figura 4. Actividad respiratoria de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* en dos estados de maduración, con y sin aplicación de 1-MCP, durante los días 2, 4 y 8.

Conclusiones

El 1-MCP disminuyó la pérdida de peso y firmeza de los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* colectados en Venta Salada, correspondientes al estado de madurez verde.

Las variables de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de azúcares reductores y actividad respiratoria, no mostraron diferencias significativas atribuidas a la aplicación del 1-MCP.

Los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* colectados en Venta Salada, presentan características fisicoquímicas diferentes a los reportados para frutos de otras regiones.

Referencias

Association Official Analysis Chemical. (1985). Official methods of analysis of the association of official agricultural chemist. 13^a. Edition, Publish for association of official agricultural chemist. *Washington, DC*. pp. 412-420.

Balaguera-López H.F., Salamanca-Gutiérrez J., García A., Herrera-Árevalo (2015). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302-313.

Bapat V. A., Trivedi P.K., Ghosh A., Sane V.A., Ganapathi T. R., Nath P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.*, 28, 94-107.

Blankenship S., Dole J. (2003). 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.* 28, 1-25.

Bravo-Hollis H., Sánchez-Mejorada H. (1991). Las cactáceas de México. UNAM. Vol. III, 404 p.

Cubillos E., Molina V., Flórez V.J., Fischer G. (2001). Efecto de inhibidores de etileno en la longevidad floral del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) como probables sustitutos del tiosulfato de plata (STS). *Agronomía Colombiana*, 18 (1-2), 7-13

Deaquiz Y.A., Alvarez-Herrera J., Fischer G. (2014). Ethylene and 1-MCP affect the postharvest behavior of yellow pitahaya fruits (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Agronomía Colombiana*, 32(1), 44-51

Goulao L.F., Santos J., Sousa L., Oliveira C.M. (2007). Patrones de actividad enzimática de enzimas modificadoras de la pared celular durante el crecimiento y la maduración de las manzanas. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 307-318.

Guzmán-Maldonado S.H., Herrera-Hernández G., Hernández-López D., Reynoso-Camacho R., Guzmán-Tovar A., Vaillant F., Brat P. (2010). Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. *Food Chemistry*, 121(2), 381-386.

- Hernández-López D., Vaillant F., Reynoso-Camacho R., Guzman-Maldonado S.H. (2008). *Myrtillocactus* (Cactaceae): botanical, agronomic, physicochemical and chemical characteristics of fruits. *Fruits*, 63(5), 269-276.
- Herrera-Hernández M.G., Guevara-Lara F., Reynoso-Camacho R., Guzmán-Maldonado S.H. (2011). Effects of maturity stage and storage on cactus berry (*Myrtillocactus geometrizans*) phenolics, vitamin C, betalains and their antioxidant properties. *Food Chemistry* 129, 1744- 1750.
- Hubert D. (2008). Suppression of ethylene responses through application of 1- methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience*, 43(1), 106-111.
- In,B.C., Strablea J., Binder B.M., Falbel T. G., Patterson S. E. (2013). Morphological and molecular characterization of ethylene binding inhibition in carnations. *Postharv. Biol. Technol.* 86, 272-279.
- Kays S. (2004). *Biología poscosecha*. Exon Press, Atenas, GA.
- López-Palestina C.U., Aguirre-Mancilla C.L., Ramírez-Pimentel J.G., Raya-Pérez J.R., Santiago-Saenz Y.O., Gutiérrez-Tlahque J., Hernández-Fuentes A.D. (2019). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en tres estados de madurez de *Myrtillocactus geometrizans* provenientes del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4, 317-322.
- Marin A., Colonna A., Kudo K., Kupferman E., Mattheis J. (2009). Medición de la respuesta del consumidor a las manzanas 'Gala' tratadas con 1-metilciclopropeno (1-MCP). *Postharv. Biol. Technol.* 51, 73-79.
- Nerd A., Gutman F., Mizrahi Y. (1999). Comportamiento de maduración y poscosecha de frutos de dos especies de *Hylocereus* (Cactaceae). *Postharv. Biol. Technol.* 17, 39-45.
- Sañudo J., Siller J., Osuna T., Rangel D.M., López G., Labavitch J. (2008). Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 31, 141-147.
- Serek M., Woltering E.J., Sisler E.C., Frello S., Sriskandarajah S. (2006). Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. *Biotechnol. Adv.* 24, 368-381.
- Somogyi N. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological chemistry*, 195, 19-23.
- Whitham F.H., Blades D.F., Devlin R.M. (1971). *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Compañy. New York. pp 55-58.
- Wills R., McGlasson B., Graham D., Joyce D. (2007). *Postcosecha, una introducción a la fisiología y el manejo de frutas, verduras y plantas ornamentales*. 5^a ed. CABI, Wallingford, Reino Unido.