

Betalainas, polifenoles y actividad antioxidante en tuna roja mínimamente procesada, almacenada en atmósferas controladas

Betalains, polyphenols and antioxidant activity in minimally processed red prickly pear stored in controlled atmospheres

JIMENA ESTHER ALBA-JIMÉNEZ¹, JOSÉ LUIS CHÁVEZ-SERVIA², IÑIGO VERDALET-GUZMÁN¹, ARMANDO JESÚS MARTÍNEZ³ & ELIA NORA AQUINO-BOLAÑOS^{1*}

¹Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, Av. Rafael Sánchez Altamirano s/n, Industrial Animas, Xalapa, Veracruz, 91192, México.

²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca. Hornos # 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230, México.

³Instituto de Neurootología y Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Av. Rafael Sánchez Altamirano s/n, Industrial Animas, Xalapa, Veracruz, 91192, México.

*eliaquino@uv.mx

RESUMEN

La tuna roja de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) es una fuente importante de compuestos bioactivos y funcionales, pero tiene dificultades para su almacenamiento y comercialización. Por lo tanto se realizó un estudio del efecto de las atmósferas controladas sobre los frutos mínimamente procesados para conservar los compuestos antioxidantes a temperatura de 5 °C y durante 16 días de almacenamiento en atmósferas controladas. Al final del mismo se registró que los tratamientos con 5% O₂ + 95% N₂ y 10% CO₂ + 5% O₂ + 85% N₂ mantuvieron el nivel de betalainas (125,6 mg l⁻¹, 126,16 mg l⁻¹) y actividad antioxidante (263,7 µmol Eq Trolox 100 ml⁻¹, 267,6 µmol Eq Trolox 100 ml⁻¹), respecto al contenido inicial evaluado (116,1 mg l⁻¹, 270,4 µmol Eq Trolox 100 ml⁻¹). Mientras que el contenido de polifenoles no varió en el tratamiento con 5% O₂ + 95% N₂ (d0-16 ≈ 65,6 – 57,7 mg EAG 100 ml⁻¹). Los resultados indican que aún después de 16 días de almacenamiento con el uso de atmósferas controladas, la tuna roja mínimamente procesada tiene alta actividad antioxidante puesto que conserva el contenido de betalainas y polifenoles.

PALABRAS CLAVE: *Opuntia ficus-indica*, compuestos bioactivos, alimentos funcionales, actividad antioxidante.

ABSTRACT

The red prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) is an important source of bioactive and functional compounds, but has problems for its storage and commercialization. Therefore a study was done about controlled atmospheres effect upon the minimally processed fruit to conserve the antioxidant compounds at 5 °C during 16 days of storage. At the end of the storage period, we registered that the treatments with 5% O₂ + 95% N₂ and 10% CO₂ + 5% O₂ + 85% N₂ maintained the level of betalains (125.6 mg l⁻¹, 126.16 mg l⁻¹) and antioxidant activity (263.7 µmol Eq Trolox 100 ml⁻¹, 267.6 µmol Eq trolox 100 ml⁻¹) compared to the initial evaluated content (116.1 mg l⁻¹, 270.4 µmol Eq Trolox 100 ml mg l⁻¹). The polyphenols content did not change over treatment 5% O₂ + 95% N₂ (d0-16 ≈ 65.6 – 57.7 mg EAG 100 ml⁻¹). The results show that even after 16 days of storage, with using controlled atmospheres, minimally processed prickly pear has high antioxidant activity because it keeps the betalains and polyphenols content.

KEYWORDS: *Opuntia ficus-indica*, bioactive compounds, functional foods, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas y hortalizas frescas se ha incrementado en los últimos años no sólo porque son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra sino también debido a sus propiedades funcionales. La tuna roja del nopal *Opuntia*

ficus-indica (L.) Mill. (Cactaceae) forma parte importante del grupo de alimentos funcionales puesto que tiene alta actividad antioxidante como consecuencia de su elevada concentración de betalainas, polifenoles y vitamina C (Tesoriere *et al.* 2005), los cuales se caracterizan por ser compuestos bioactivos que han mostrado tener un efecto

protector frente a ciertas enfermedades degenerativas (Butera *et al.* 2002, Cano *et al.* 2005). En condiciones estándar de comercialización la tuna tiene una vida de anaquel de pocos días y cuando se almacena a temperatura menor de 9 °C, es susceptible al daño por frío, que se manifiesta con hendiduras y pequeñas manchas color marrón en la cáscara (Rodríguez-Félix 2002). Estos problemas aunados a la saturación del mercado durante el pico de la temporada de cosecha y la presencia de espinas sobre el pericarpio del fruto propician dificultades para su comercialización a mayor escala.

Una alternativa para su aprovechamiento es ofrecerlo como un producto mínimamente procesado, condición que define a frutas y hortalizas listos para su consumo y que sólo involucran operaciones unitarias como lavar, eliminar la cáscara o cortar, entre otras, pero manteniendo las características de un producto fresco (Wiley 1997). El daño mecánico ocasionado en el momento de obtener los productos mínimamente procesados incrementa el metabolismo del tejido, lo cual tiende a degradar diversos compuestos, incluidos los relacionados con las propiedades funcionales (Cano *et al.* 2005).

De ahí la importancia y necesidad de utilizar tecnologías tradicionales y/o alternativas para su conservación como son las bajas temperaturas, que es el método más utilizado para extender la vida de estos productos, ya que ayuda a mantener su apariencia, reducir su respiración y reacciones enzimáticas, así como también a disminuir el ablandamiento y el crecimiento microbiano. Una de las tecnologías complementarias a la refrigeración es el uso de las atmósferas controladas (AC) que son aquellas en las cuales su composición es diferente a la del aire (Artés 2006). El uso adecuado de las AC puede disminuir la velocidad de respiración, la actividad enzimática y los cambios asociados a la senescencia (Kader 1985), logrando con esto una menor pérdida de calidad en los productos mínimamente procesados. Bajo este contexto el objetivo del estudio fue evaluar el uso de las atmósferas controladas para conservar las betalainas, polifenoles y actividad antioxidante en tuna roja mínimamente procesada durante su almacenamiento en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

ESPECIE DE ESTUDIO

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. variedad registrada Rojo San Martín (Cactaceae) es un taxón nativo de México (Bravo 1978). Esta cactácea tiene cladodios elípticos de color verde pálido a oscuro y sobre estos se desarrollan las flores que son hermafroditas las cuales tienen antesis diurna y su floración es anual. El fruto rojo es turbinado y tiene semillas abortivas, con lo cual aumenta la proporción de pulpa comestible, además la planta tiene reproducción asexual (Reyes-Agüero *et al.* 2005).

Se recolectó un espécimen de *O. ficus-indica*, la cual fue identificada por el Dr. Sergio Avendaño y se depositó el ejemplar en el Herbario XAL del Instituto de Ecología A.C.

PROCEDIMIENTO Y MUESTRAS

Se cosecharon 200 tunas de *O. ficus-indica*, en el municipio General Felipe Ángeles, Estado de Puebla, México que se ubica a 19° 01' 10,60" N; 97° 42' 43,28" O y una altitud de 2.300 m s.n.m.

Se seleccionaron 64 frutos de tamaño y color homogéneos y se sanitizaron con una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm × 60 s). Se eliminó manualmente la cáscara y de la parte central del fruto se obtuvieron dos rodajas de 1,5 cm de ancho.

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

Cuatro rodajas se depositaron en canastillas de plástico, cuatro de las cuales se colocaron en recipientes de vidrio de 20 l almacenados a 5 °C. Además un flujo continuo de gas humidificado (HR≈95-98%) se hizo pasar por cada contenedor con una de las siguientes composiciones o tratamientos de AC (AC1: 5% O₂ + 95% N₂, AC2: Aire + 10% CO₂, AC3: 10% CO₂ + 5% O₂ + 85% N₂ y aire como control). Las concentraciones de O₂ y CO₂ fueron registradas diariamente con un analizador de gases (PBI Dansensor, Checkpoint, Dinamarca) para asegurar que las proporciones de gas fueran las adecuadas. Tomando como referencia el tiempo de vida útil de las rodajas de tuna reportado por Alba-Jiménez (2013) se obtuvieron muestras en el tiempo inicial (día 0) y después de 16 días (día 16) de almacenamiento. Las cuales se homogeneizaron y centrifugaron a 4000 rpm, 20 min (Hettich zentrifuge, Universal 32R, Alemania), en el sobrenadante se midió la concentración de betalainas, polifenoles totales y actividad antioxidante.

CUANTIFICACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS

BETALAÍNAS

La concentración de betalainas (CB) se analizó de acuerdo al método de Stintzing *et al.* (2005), que consiste en diluir la muestra con amortiguador de citratos McIlvain pH 6,5 y medir la absorbancia a 536 nm en un espectrofotómetro (JENWAY, 6305, Reino Unido). La concentración de betalainas se estimó con la ecuación $CB \text{ (mg l}^{-1}\text{)} = (A \times FD \times PM \times (1000 \epsilon^{-1}) \times l)$, donde A es la absorbancia a 536 nm, FD es el factor de dilución, PM es el peso molecular de la betanina (550 g mol⁻¹), ϵ es el coeficiente de extinción molar de la betanina (60,000 l mol⁻¹ cm⁻¹) y l es la longitud de la trayectoria de la celda (1 cm).

POLIFENOLES

La cuantificación del contenido total de polifenoles se realizó por el método de Folin y Ciocalteu modificado por Singleton & Rossi (1965). Se tomaron 200 µl del sobrenadante (diluido 1:10) y se hizo reaccionar con 200 µl

del reactivo de Folin-Ciocalteu, se adicionó 1 ml de agua destilada y se dejó reposar entre 5 y 8 min. Se adicionaron 2 ml de Na_2CO_3 al 7% (p/v) y se aforó a 5 ml con agua destilada. Se agitó y permaneció en incubación a temperatura ambiente durante 1 h. Posteriormente, se leyó su absorbancia a 750 nm empleando como blanco agua destilada. La cuantificación se realizó con una curva estándar de ácido gálico (0,02-0,12 mg ml^{-1}) y se reportó como mg equivalentes de ácido gálico (EAG) en 100 ml de jugo.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante se determinó por el método de Brand-Williams *et al.* (1995). Se tomaron 100 μl de la muestra (diluida 1:10) y se adicionaron 2,9 ml del reactivo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) (3,9 mg 100 ml^{-1} en metanol al 80% (v/v)), se agitó vigorosamente y se mantuvo en oscuridad durante 30 min a temperatura ambiente. Después se registró la absorbancia a 517 nm, empleando como blanco metanol al 80% (v/v) y para la cuantificación se empleó una curva estándar de Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico) (0,1-0,5 $\mu\text{mol Eq Trolox ml}^{-1}$).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables de respuesta fueron analizadas utilizando Modelos Lineales Generalizados (GLM), con un diseño bifactorial y con su respectiva interacción. Donde el modelo tuvo: el factor tratamiento con tres niveles de composición de la atmósfera controlada y el grupo control (aire), y el segundo factor correspondió al tiempo con dos niveles que fueron la fecha inicial y final. La medición de las variables de respuesta fue sobre unidades experimentales independientes en el tiempo con cuatro réplicas para cada tratamiento en los dos niveles de tiempo ($n=32$). Además las variables de respuesta fueron transformadas a logaritmo base 10 para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posterior al análisis se realizó la conversión de los valores promedio e intervalos de confianza a su escala original. Los análisis fueron procesados en el software Statística 7.0 (StatSoft, Inc. 1984-2004).

RESULTADOS

La concentración inicial de las betalainas fue de 116,1 mg l^{-1} en todos los tratamientos. Después de 16 días de almacenamiento los tratamientos AC1 y AC3 presentaron una concentración de betalainas similar al valor inicial, pero el tratamiento AC2 tuvo una pérdida de 38% en este periodo (16 días) ($F=13, P<0,001$). Además el registro de betalainas en el grupo control disminuyó hasta 25% respecto a los otros tratamientos ($F=10,54, P<0,001$). La interacción del factor tipo de tratamiento \times tiempo indicó la variación de la concentración de betalainas al inicio y final de experimento ($F=10,5, P<0,0001, \text{Fig. 1A}$).

Los polifenoles totales tuvieron una concentración inicial de 65,6 $\text{mg EAG 100 ml}^{-1}$ en todos los tratamientos. En el día 16 los tratamientos con atmósferas controladas y el grupo control se mantuvieron al mismo nivel de concentración ($F=1,9, P=0,15$) y se registró que el tratamiento AC1 tuvo un valor promedio similar que al inicio del tratamiento. Además la concentración de los polifenoles entre el día de inicio y después de 16 días fueron diferentes ($F=58, P<0,00001$), pero la interacción entre el factor tipo de tratamiento \times tiempo no aportó contraste ($F=2, P=0,16, \text{Fig. 1B}$).

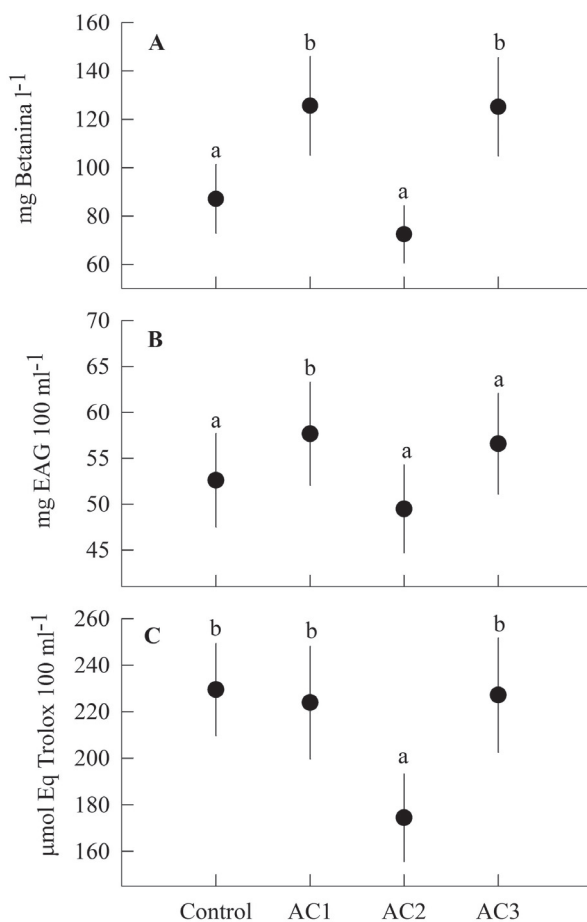


FIGURA 1. Valores promedio (\pm EE) de betalainas (A), polifenoles (B) y actividad antioxidante (C) en *Opuntia ficus indica* mínimamente procesada después de 16 días de almacenamiento en tratamientos de atmósferas controladas: AC1 (5% O_2 + 95% N_2), AC2 (aire + 10% CO_2), AC3 (5% O_2 + 10% CO_2 + 85% N_2) y grupo control (aire). Letras diferentes indican contraste estadístico $\alpha = 0,05$.

FIGURE 1. Mean values (\pm EE) of betalains (A), polyphenols (B) and antioxidant activity (C) in minimally processed *Opuntia ficus indica* after 16 days of storage in controlled atmosphere treatments: AC1 (5% O_2 + 95% N_2), AC2 (air + 10% CO_2), AC3 (5% O_2 + 10% CO_2 + 85% N_2) and control group (air). Different letters indicate statistical contrast $\alpha = 0.05$.

Al inicio del almacenamiento los frutos de tuna tuvieron un valor de actividad antioxidante de 229,47 μmol EqTrolox 100 ml^{-1} . Además, al contrastar este valor con el obtenido después de 16 días de tratamiento los valores promedio difirieron ($F=24$, $P<0,0001$). Sin embargo, al final del almacenamiento en los tratamientos AC1, AC3 y grupo control tuvieron la misma actividad antioxidante lo cual contrastó con el tratamiento AC2 ($F=6$, $P=0,002$, Fig. 1C). Pero el tratamiento AC2 y el grupo control tuvieron una reducción en sus valores promedio de actividad antioxidante por efecto de la interacción del factor tiempo \times tipo de tratamiento ($F=6,3$, $P=0,003$).

DISCUSIÓN

La concentración inicial de las betalainas presentó un valor cerca del límite inferior del intervalo reportado por Aquino-Bolaños *et al.* (2012) en siete variedades de frutos de tuna (*Opuntia* spp.). Estos pigmentos se encuentran únicamente en 10 familias del orden de las Caryophyllales, de las cuales sólo dos especies han sido aprobadas para utilizarse como alimentos; la tuna (*O. ficus-indica*) y el betabel (*Beta vulgaris* L., Fernández-López *et al.* 2010).

En la actualidad el betabel (*B. vulgaris*) es la fuente más importante de betalainas, las cuales se utilizan para dar color a diversos alimentos como jugos, néctares, yogurt, productos cárnicos, etc., pero esta raíz presenta un desagradable aroma, causado por un compuesto llamado geosmina (Acree *et al.* 1976), lo cual ha limitado su uso. Por lo tanto, la tuna roja puede ser una alternativa como fuente de betalainas con características agradables al momento de su consumo. Además, al evaluar el contenido de betalainas en las rebanadas de tuna después de los 16 días de tratamiento, sólo se registró disminución en AC2 que podría atribuirse a la actividad de algunas enzimas como la peroxidasa, enzima que presenta menor actividad en condiciones de baja concentración de O_2 y altos niveles de CO_2 (Herbach *et al.* 2006). Lo anterior, podría explicar que los tratamientos AC1 y AC3 conserven sus niveles de betalainas durante los 16 días de almacenamiento.

El contenido de polifenoles en la tuna de *O. ficus-indica* es mayor que el reportado para otros frutos como piña (*Ananas comosus* L. Merr.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.) (8,91 mg EAG 100 ml^{-1} , 56,93 mg EAG 100 ml^{-1} y 39,57 mg EAG 100 ml^{-1} , respectivamente) (Ramírez & Pacheco de Delahaye 2011). Este trabajo aporta evidencia que la tuna es una fuente importante de estos compuestos (65,6 mg EAG 100 ml^{-1}). En otros cultivares de tuna (*O. ficus-indica*) color verde, naranja y rojo se han registrado valores más bajos de polifenoles (24,2 mg EAG 100 ml^{-1} , 24,7 mg EAG 100 ml^{-1} y 33,5 mg EAG 100 ml^{-1} , respectivamente) que lo observado en este estudio (Stintzing *et al.* 2005).

Por otro lado, la reducción de polifenoles después de 16 días en los tratamientos AC2, AC3 y el control, puede ser consecuencia de la respuesta del tejido al daño mecánico que provoca la oxidación de los compuestos fenólicos pre-existentes (Macheix *et al.* 1990, Brecht 1995). En este sentido, la reducción de polifenoles también fue reportada en frutos de tuna (*O. ficus-indica* cv *Gialla*) almacenados a 4 °C, sin cáscara y cubiertos con una película plástica (Cefola *et al.* 2011)

Las frutas y hortalizas, además de estar compuestas por nutrientes indispensables para los procesos metabólicos en humanos, también tienen otras sustancias que pueden servir como protectores frente a ciertas enfermedades, éstas son conocidas como compuestos bioactivos o funcionales como betalainas, compuestos fenólicos, vitaminas A, C y E, fibra, etc. (Butera *et al.* 2002), las cuales en su mayoría se caracterizan por su actividad antioxidante. Bajo este contexto la tuna presentó mayor actividad antioxidante que otros frutos como maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y guayaba (*Psidium guajava* L.), valores que oscilan entre los 150 μmol EqTrolox 100 ml^{-1} y 200 μmol EqTrolox 100 ml^{-1} , respectivamente (Rodríguez *et al.* 2010). Este trabajo muestra que después de 16 días los tratamientos AC1 y AC3 presentaron valores similares al inicial (229,47 μmol EqTrolox 100 ml^{-1}), lo que sugiere que la tuna roja *O. ficus-indica* puede ser considerada como una fuente importante de compuestos bioactivos, aun después de 16 días de almacenamiento bajo las condiciones descritas. Es importante destacar que aun cuando en el tratamiento AC3 disminuyó el contenido de polifenoles, se mantuvo la actividad antioxidante, parámetro en el cual también participan otros compuestos como las betalainas y el ácido ascórbico.

CONCLUSIÓN

Los resultados indican que aun después de 16 días de almacenamiento, con el uso de atmósferas controladas, en los tratamientos AC1 (5% O_2 + 95% N_2) y AC3 (10% CO_2 + 5% O_2 + 85% N_2), la tuna roja mínimamente procesada conserva alta actividad antioxidante puesto que mantiene su contenido de betalainas y polifenoles. Por lo tanto la tuna tiene alto potencial para ser ofrecido a los consumidores como un producto mínimamente procesado. Sin embargo, se requieren más estudios sobre la calidad organoléptica, parámetros fisicoquímicos y sensoriales para establecer las condiciones requeridas para su comercialización.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACyT por la beca otorgada a J.E. Alba-Jiménez para cursar la Maestría en Ciencias Alimentarias, programa inscrito en el PNPC.

BIBLIOGRAFÍA

- ACREE, T.E., C.Y. LEE, R.M. BUTTS & J. BARNARD. 1976. Geosmin, the earthy component of table beet odor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 24(2): 430-431.
- ALBA-JIMÉNEZ, J.E. 2013. Uso de atmósferas controladas para conservar los frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) mínimamente procesados. Tesis. Maestría en Ciencias Alimentarias. Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 52 pp.
- AQUINO-BOLAÑOS, E.N., Y. CHAVARRÍA-MOCTEZUMA, J.L. CHÁVEZ-SERVIA, R.I. GUZMÁN-GERÓNIMO, E.R. SILVA-HERNÁNDEZ & I. VERDALET-GUZMÁN. 2012. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 20(55): 3-10.
- ARTÉS, C.F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(2): 61-85.
- BRAND-WILLIAMS, W., M. CUVELIER & C. BERSET. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 28(1): 25-30.
- BRAVO, H. 1978. Las Cactáceas de México. 2nd Ed. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 743 pp.
- BRECHT, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 18-22.
- BUTERA, D., L. TESORIERE, F. DI GAUDIO, A. BONGIORNO, M. ALLEGRA, A.M. PINTAUDI, R. KOHEN & M. LIVREA. 2002. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(23): 6895-6901.
- CANO, M.P., C. SÁNCHEZ-MORENO, S. PASCUAL-TERESA & B. ANCOS. 2005. Proceso mínimo y valor nutricional. En: G. González-Aguilar (ed.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, pp. 119-152. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Sonora, México.
- CEFOLA, M., M. RENNA & B. PACE. 2011. Marketability of ready-to-eat cactus pear as affected by temperature and modified atmosphere. *Journal of Food Science Technology* 51(1): 25-33.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A., L. ALMELA, J.M. OBÓN & R. CASTELLAR. 2010. Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods for Human Nutrition* 65(3): 253-259.
- HERBACH, K.M., F.C. STINTZING & R. CARLE. 2006. Betalain stability and degradation-structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science* 71(4): 41-50.
- KADER, A.A. 1985. Modified atmosphere and low-pressure systems during transport and storage. In: A.A Kader, R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M. Reid, N.F. Soomer & J.F. Thompson (eds.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, pp. 59-60. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, CA, USA.
- MACHEIX, J.J., A. FLEURIET & J. BILLOT. 1990. Fruit phenolics. CRC Press, Inc. Boca Raton Florida. USA. 23-39 pp.
- RAMÍREZ, A. & E. PACHECO DE DELAHAYE. 2011. Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpa de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia* 36(1): 71-75.
- REYES-AGÜERO, J., R. AGUIRRE-RIVERA & H. HERNÁNDEZ. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Agrociencia* 39(4): 395-408.
- RODRÍGUEZ-FÉLIX, A. 2002. Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Horticulturae (ISHS)* 581(18):191-199.
- RODRÍGUEZ, L., L. LÓPEZ & M. GARCÍA. 2010. Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, Mora (*Rubus glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora edulis* S.), Guayaba (*Psidium guajava* L.) y Papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). *Revista Alimentos Hoy* 19(21): 16-34.
- SINGLETON, V.L. & J.A. ROSSI. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144-158.
- STINTZING, F.C., K.M. HERBACH, M.R. MOSSHAMMER, R. CARLE, W. YI, S. SELLAPPAN, C.C. AKOH, R. BUNCH & P. FELKER. 2005. Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(2): 442-451.
- TESORIERE, L., M. FAZZARI, M. ALLEGRA & M.A. LIVREA. 2005. Biothiols, taurine, and lipid-soluble antioxidants in the edible pulp of Sicilian cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(20): 7851-7855.
- WILEY, R.C. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. *Acribia*, España. 15-299 pp.

Recibido: 09.07.13
Aceptado: 13.05.14