

El choque térmico mejora la aptitud al almacenamiento refrigerado de pitaya amarilla

Heat shock improves refrigerated storage performance of yellow pitaya

Yenny Maritza Dueñas G.¹, Carlos Eduardo Narváez C.^{2,3} y Luz Patricia Restrepo S.²

RESUMEN

La pitaya amarilla es una fruta exótica producida en Colombia, muy apreciada gracias a su aroma y a sus semillas digestivas. Esta fruta climatérica, tiene un tiempo de vida útil corto y manifiesta daños por frío a temperaturas de conservación inferiores a 12°C. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del choque térmico para mejorar la aptitud a la conservación frigorífica de los frutos de pitaya. Se efectuaron tres tipos de almacenamiento, donde en el primero, los frutos se almacenaron a 18°C durante dos semanas; en el segundo, los frutos fueron precalentados a 25°C durante 24 horas y luego almacenados a 2°C durante dos semanas; finalmente los frutos fueron transferidos a 18°C. En el tercer tratamiento los frutos fueron tratados en forma similar al segundo lote, excepto que no hubo choque térmico. Cada tres días se midió la acidez titulable, los sólidos solubles, la firmeza y pérdida de peso. La calidad de los frutos almacenados a temperatura ambiente se deterioró marcadamente luego de dos semanas de almacenamiento. Los frutos refrigerados presentaron pardeamiento, necrosis y pérdida de firmeza tras 15 días a 2°C, pero estos síntomas se evidenciaron en menor medida en los frutos al haber sido tratados con un choque térmico a 25°C durante 24 horas previamente. El choque térmico antes del almacenamiento a 2°C puede ser una técnica adecuada que permita extender la vida útil de los frutos de pitaya amarilla, dado que se retardan las pérdidas de peso, y el fenómeno de ablandamiento se reduce notoriamente asociándose este último con el parámetro de la firmeza o resistencia al rompimiento de la corteza. Adicionalmente, con el choque térmico previo a la refrigeración, las características relacionadas con color y apariencia física de los frutos de pitaya amarilla se conservan por tiempos más prolongados.

Palabras clave: *Acanthocereus pitajaya*, vida útil, daño por frío, ablandamiento, firmeza, pérdida de peso.

ABSTRACT

Yellow pitaya is an exotic fruit produced in Colombia. Due to its flavor and digestive seeds, it is highly valued in foreign markets. However, this climateric fruit has a short shelf life and presents chilling injuries when stored at temperatures below 12°C. With the aim of evaluating the effect of heat on chilling injury tolerance, the present work tested three different storage modes. In the first one the fruit was stored at 18°C for two weeks. In the second one the fruit was preheated at 25°C for 24 hours, and then stored at 2°C for 14 days. After this treatment, the samples were stored at 18°C. In the last one the fruit was directly stored at 2°C during two weeks, and then stored at 18°C. Titratable acidity, soluble solids, firmness and weight loss were measured every three days. The results show that the quality of the fruit stored at 18°C diminished sharply after two weeks of storage. The rind of refrigerated non-heat-shocked samples presented browning, necrosis and loss of firmness after 15 days of storage. Heat shock at 25°C during 24 hours was shown to provide significant protection from chilling injury. Heat shock before storing at 2°C can be a good technique for extending shelf life of yellow pitaya, in terms of delaying weight loss, maintaining color and general appearance for longer periods and reducing softening. The latter is closely associated to rind ripping resistance.

Key words: *Acanthocereus pitajaya*, shelf life, chilling injury, softening, firmness, weight loss.

Introducción

La pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya* sensu Croizat), fruta tropical climatérica, tiene un tiempo de vida útil relativamente corto, por lo que para su consumo en fres-

co o procesado se exige el desarrollo de tecnologías que ofrezcan alternativas de conservación para una calidad óptima de cara al consumidor. Se destaca de la pitaya su sabor, aroma y su efecto laxante. Colombia exportó 150 t

Fecha de recepción: 4 de junio de 2008. Aceptado para publicación: 19 de febrero de 2009

¹ Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (Colombia).

² Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

³ Autor de correspondencia. cenarvaezc@unal.edu.co

en el año 2007, con destino a países de la Unión Europea como Francia y Holanda (ICA, 2008).

Una vez los frutos se cosechan, la actividad metabólica continúa con la maduración a mayor velocidad en frutos climatéricos, debido al incremento en la tasa de respiración después de la cosecha. Se han encontrado resultados contradictorios sobre el comportamiento no climatérico (Nerd y Mizrahi, 1999) o climatérico de la pitaya (Arenas y Camero, 1995; Camargo y Moya, 1995; Baquero *et al.*, 2005).

El almacenamiento a bajas temperaturas, entre 2 y 8°C, prolonga el tiempo de vida útil de la pitaya, pero con el riesgo de los daños por frío (Rodríguez *et al.*, 2005). La aparición de los daños por frío en pitaya pueden reducirse con pretratamientos como la aplicación de choque térmico (25°C durante 24 h) o la exposición a 15% CO₂ y 2% O₂ durante 48 h. De esta manera la vida útil de la pitaya se aumenta en 5 o 10 d, respectivamente, en relación con los frutos almacenados a 18°C (Arenas y Camero, 1995; Camargo y Moya, 1995).

En los daños por frío los síntomas externos más notorios son la aparición de manchas necróticas y ablandamiento irregular, incapacidad para continuar con el proceso normal de maduración, pérdida de turgencia (Wang, 1990), así como también la anormalidad en el comportamiento de la intensidad respiratoria, pérdida del aroma de los frutos (Wang, 1990; Kondo *et al.*, 2005) y alteración en la actividad de algunas enzimas antioxidantes (Sala y Lafuente, 2000). Con el uso del choque térmico se activa la síntesis de enzimas antioxidantes, se sintetizan proteínas de choque térmico, se aumenta el contenido en sólidos solubles totales (SST) y se incrementa la síntesis de poliaminas (Lurie y Klein, 1991; Paull y Jung, 2000), por lo que se confiere tolerancia al frío.

Para pitaya amarilla el choque térmico inhibe el pardeamiento y la necrosis de la corteza de frutos refrigerados a 2°C. En estos ensayos se reporta que la enzima catalasa está en relación directa con la vida útil de los frutos, en tanto que la actividad de polifenoloxidasas guarda estrecha relación con el pardeamiento de su corteza y no se obtuvieron datos concluyentes en relación con la peroxidasa y el pardeamiento (Dueñas *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo es mostrar las bondades del choque térmico a 25°C durante 24 h en mantener parámetros de calidad importantes para la comercialización de pitaya amarilla, que incluyen el control de la pérdida de peso, del pardeamiento y ablandamiento excesivos.

Materiales y métodos

Material vegetal. Los frutos de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya* sensu Croizat) se recolectaron en estado verde - pintón (90% verde - 10% amarilla), provenientes del municipio de Miraflores, Boyacá, ubicado en la región andina colombiana. Los frutos sanos y sin defectos de importancia, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% (v/v) y se dividieron en tres grupos para su almacenamiento. Cada lote estaba constituido por aproximadamente 120 frutos, con tamaños entre 9 y 12 cm (diámetro longitudinal) y entre 6 y 8 cm (diámetro transversal).

Almacenamiento. Un primer lote de frutos se almacenó a temperatura ambiente de Bogotá (temperatura promedio interior 18°C y 85% HR) durante 21 d. En el segundo grupo, los frutos se refrigeraron a 2°C durante 15 d, con posterior almacenamiento a temperatura ambiente durante 15 d más. Por último, en el tercer grupo denominado choque térmico, los frutos se almacenaron en una cámara a 25°C durante 24 h, tiempo después del cual se llevaron a refrigeración (2°C) durante 15 d, con posterior maduración a temperatura ambiente durante otros 15 d.

Comportamiento fisiológico y de atributos de calidad. Cada 3 d se efectuaron sobre los mismos frutos, en su orden, las medidas de pérdida de peso y dureza de los frutos enteros. También se midieron la acidez y los sólidos solubles en la pulpa. Igualmente se llevó un registro fotográfico de los frutos.

Acidez total titulable. Se determinó volumétricamente por neutralización de una muestra de pulpa, con solución de NaOH 0,1 N. Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico/100 g pulpa (AOAC, 1990).

Sólidos solubles totales. Se midieron en el jugo extraído de la pulpa empleando un refractómetro ATAGO®, a una temperatura promedio de 18°C. Los resultados se expresaron en °Brix (AOAC, 1990).

Pérdida de peso. Se midieron por pesada en balanza semianalítica y se expresaron en porcentaje respecto al peso inicial de los frutos.

Firmeza. Se midió sobre el fruto entero con un penetrómetro *Fruit Pressure Tester*®, modelo FT 327 y émbolo de 7,9 mm de diámetro. Los resultados se expresaron como lb/pulg.².

Análisis estadístico. Para cada variable de respuesta se efectuaron nueve réplicas, en las que se calcularon los promedios y las desviaciones estándar. Se realizaron los Anova

de un factor para el diseño planteado para comprobar si hubo alguna diferencia entre las medidas, y se compararon las diferencias entre los niveles de cada parámetro por la prueba de Fisher ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Registro fotográfico y comparación con la intensidad respiratoria. De acuerdo con el comportamiento en la intensidad respiratoria reportada en un artículo para la misma variedad de pitaya amarilla (Dueñas *et al.*, 2008), el fruto mostró un comportamiento climatérico a 18°C que no sucedió en los frutos refrigerados. Las diferencias encontradas con relación al tiempo necesario para llegar al máximo climatérico con otros trabajos se pueden atribuir al estado de madurez con el que se inició el ensayo de almacenamiento de la fruta y la temperatura manejada. Por ejemplo, en frutos de pitaya almacenados a 24°C, el pico climatérico se presentó tras 6 d (Baquero *et al.*, 2005) y en otros experimentos a los 14 d (Camargo y Moya, 1995; Rodríguez *et al.*, 2005), mientras que a 18°C se ha presentado hasta después de 16 d de almacenamiento (Garnica y Quintero, 1994). Tras alcanzar este pico climatérico, se evidenciaron en la corteza de los frutos los síntomas asociados a la senescencia con ataque de microorganismos.

La refrigeración, con y sin choque térmico previo, disminuyó la respiración de los frutos, manifestando un gran aumento en la producción de CO₂ a la salida de refrigeración. En los frutos refrigerados que no recibieron choque térmico previo empezaron a aparecer manchas necróticas, pardeamiento, síntomas típicos de los daños por frío (Fig. 1), ablandamiento excesivo y crecimiento de microorganismos en la corteza, especialmente hacia el final del almacenamiento, ocasionando pudrición del fruto. En este periodo complementario no se observa claramente un climaterio, salvo en frutos con choque térmico, posiblemente por las diferencias en incidencia y desarrollo de daños por frío (Fig. 1).

Efecto del choque térmico sobre la calidad de los frutos.

Los efectos que ejerció el choque térmico sobre los frutos almacenados a 2°C, que sin ningún tratamiento extra conduciría a las lesiones por frío, se manifiestan en una disminución de la pérdida de peso, del ablandamiento, del pardeamiento y un control del crecimiento de microorganismos, con lo que se prolongó la vida útil de los frutos.

Acidez total titulable (ATT). En los frutos almacenados a 18°C hubo una tendencia hacia la disminución en la ATT, bastante pronunciada durante los primeros tres días de

almacenamiento (Fig. 2). El mayor cambio durante los primeros días está relacionado con la alta respiración que manifiestan este tipo de frutos (Dueñas *et al.*, 2008) y con el rápido desarrollo de las características sensoriales. En los frutos refrigerados a 2°C, con y sin choque térmico previo, la acidez aumentó durante los primeros días, como una posible respuesta al estrés sufrido a la disminución de temperatura al cual fueron sometidos; durante la segunda semana no hubo grandes cambios, en tanto que, cuando los frutos salieron a maduración complementaria, hubo un descenso en este atributo, como posible resultado de la activación del metabolismo. Sin embargo, no se aprecian grandes diferencias entre el tratamiento que recurre al choque térmico previo a la refrigeración y el que no, por lo que este parámetro no permite evidenciar las bondades del choque térmico frente a la inhibición de los daños a causa de la exposición al frío.

Sólidos solubles totales (SST). Los frutos almacenados a temperatura ambiente tuvieron un máximo valor de SST tras tres días de almacenamiento (Fig. 3), lo que coincidió con el pico climatérico (Dueñas *et al.*, 2008), para disminuir y variar de forma errática posteriormente. Los SST se mantuvieron a niveles inferiores cuando los frutos refrigerados no tuvieron choque térmico a lo largo de toda la experiencia. Uno de los mecanismos de la tolerancia a los daños por frío es el incremento en los SST (Narváez y Restrepo, 2002).

Pérdida de peso. Los frutos almacenados a temperatura ambiente mostraron una mayor pérdida de peso con respecto a los frutos refrigerados, con o sin choque térmico. Sin embargo, cuando los frutos refrigerados se sometieron a maduración complementaria se aceleró su pérdida de peso (Fig. 4), como respuesta a los cambios bruscos de temperatura que permitieron continuar con el desarrollo normal del proceso fisiológico. La pérdida de peso durante el desarrollo del fruto es una respuesta normal a la respiración, por lo cual es importante minimizar estas pérdidas para controlar no sólo la calidad sino también el valor comercial.

Firmeza. El ablandamiento en los frutos almacenados a temperatura ambiente fue moderado durante los seis primeros días, como se observa en la Fig. 5, pero después aumentó su velocidad hasta alcanzar un valor prácticamente asintótico a los 15 d. La firmeza permaneció prácticamente invariable durante el almacenamiento refrigerado tanto en los frutos no tratados, como en los tratados con choque térmico. Durante el almacenamiento complementario en los frutos que no habían recibido choque térmico la firmeza disminuyó a una mayor velocidad con relación que

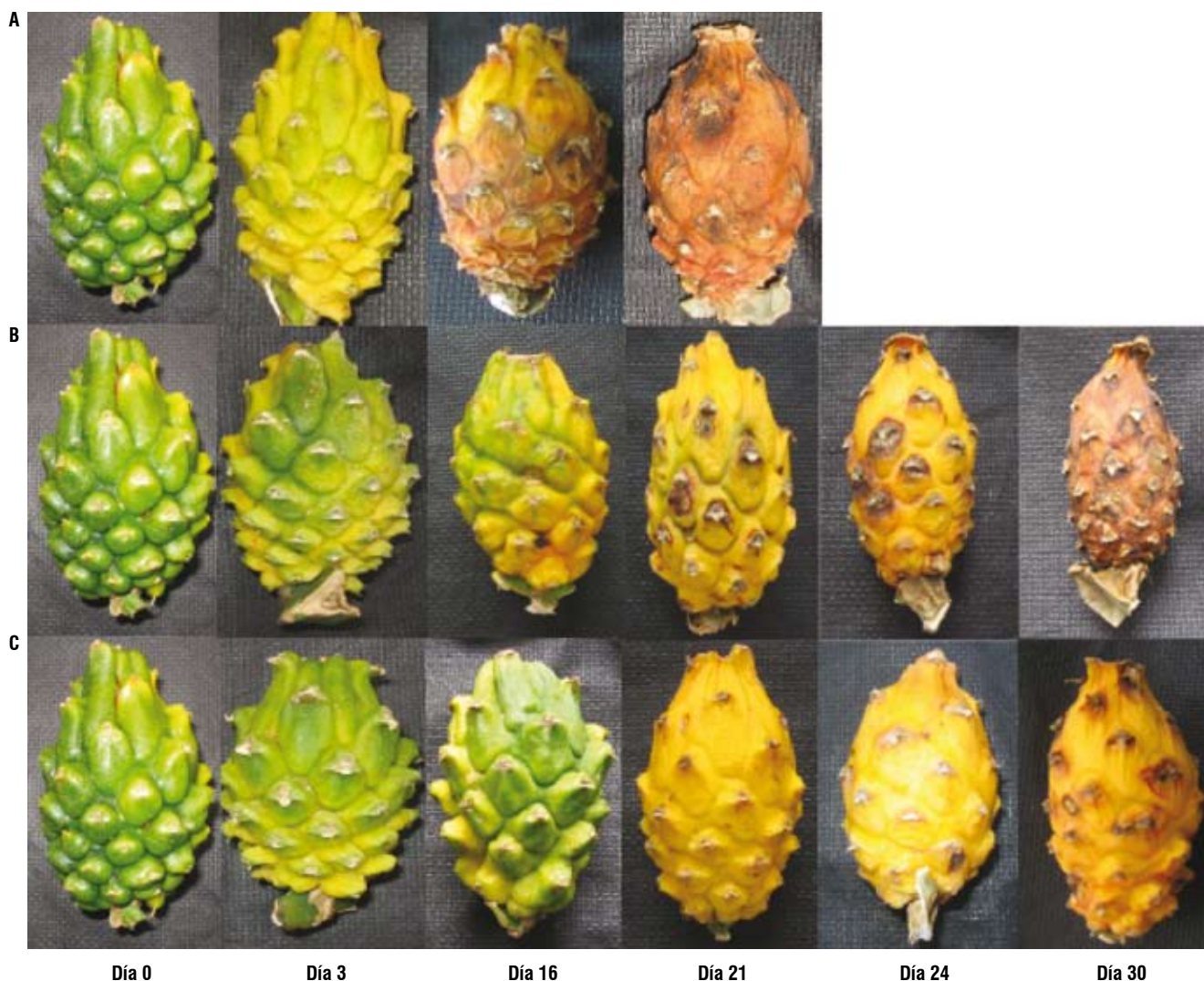


FIGURA 1. Apariencia externa y color de la corteza de frutos de pitaya amarilla almacenados a A) 18°C durante 21 d, B) sin choque térmico previo, refrigerados durante 15 d con posterior almacenamiento a 18°C y C) con choque térmico previo, refrigerados durante 15 d con posterior almacenamiento a 18°C.

en los frutos que habían recibido el tratamiento de choque. La firmeza en los frutos que se almacenaron a temperatura ambiente (3 d) fue similar a la obtenida en los frutos que se trataron con choque térmico (21 d) luego de su maduración complementaria.

Los resultados permiten ver que la pérdida de firmeza está asociada a la pérdida de agua durante el almacenamiento, porque se disminuye la presión osmótica celular dando lugar a una plasmólisis de las células que ayudan al reblandecimiento de los frutos (Valbuena y Castro, 1993). Aunque no se investigó en este trabajo, también podría estar relacionada, en diferente medida, con la actividad de enzimas que degradan los componentes de la pared celular. En este sentido, enzimas como xilanas, celulasas, poligalacturonasa, pectinesterasa han sido relacionadas

con el ablandamiento de tejidos vegetales (Paull y Jung, 2000; Abu-Bark y Bashir, 2003; Ali *et al.*, 2004).

En conclusión, el pretratamiento de choque térmico a 25°C durante 24 h permitió postergar el deterioro en el color y la apariencia externa de los frutos de pitaya amarilla con relación a los frutos almacenados a temperatura ambiente y los refrigerados sin choque térmico. Este mismo tratamiento redujo la pérdida de peso y el ablandamiento, así como la aparición de zonas necróticas y pardeamiento en la corteza.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia por su apoyo económico a través de la Dirección de Investigaciones DIB.

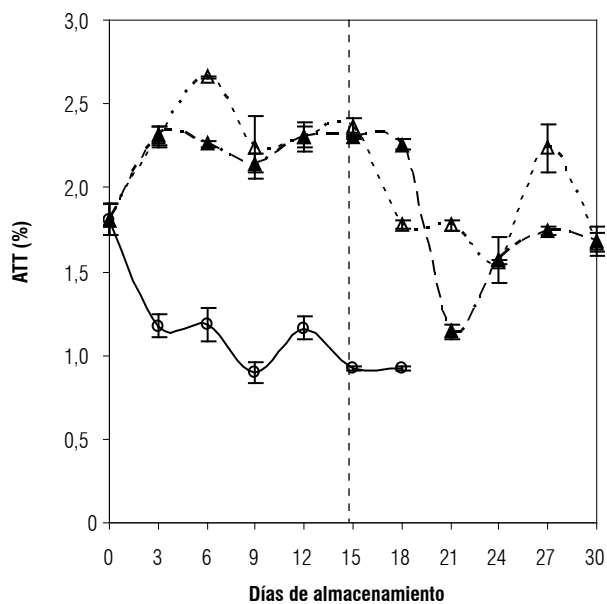


FIGURA 2. Acidez total titulable de frutos de pitaya amarilla (n=9) almacenados a tres condiciones diferentes. ○ Temperatura ambiente, ▲ Refrigeración y △ Choque térmico. La barra de error indica la desviación estándar. La línea vertical discontinua indica el momento en que los frutos salieron del almacenamiento refrigerado a 2°C y pasaron a 18°C.

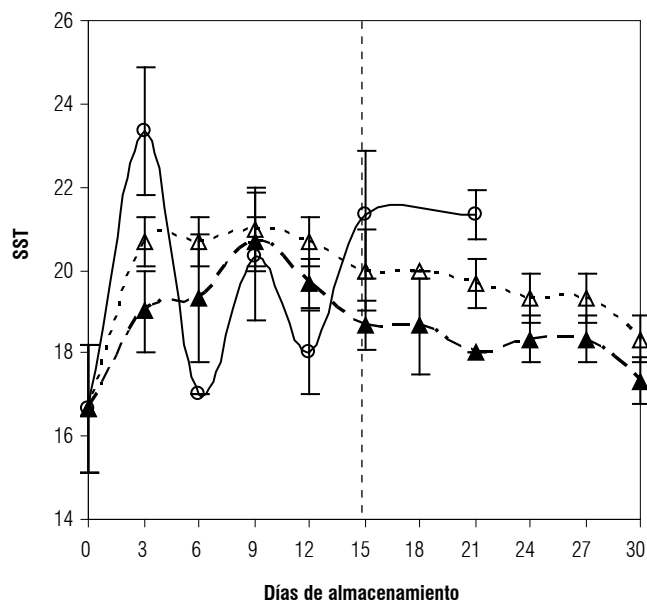


FIGURA 3. Sólidos solubles totales de frutos de pitaya amarilla (n=9) almacenados a tres condiciones diferentes. ○ Temperatura ambiente, ▲ Refrigeración y △ Choque térmico. La barra de error indica la desviación estándar. La línea vertical discontinua indica el momento en que los frutos salieron del almacenamiento refrigerado a 2°C y pasaron a 18°C.

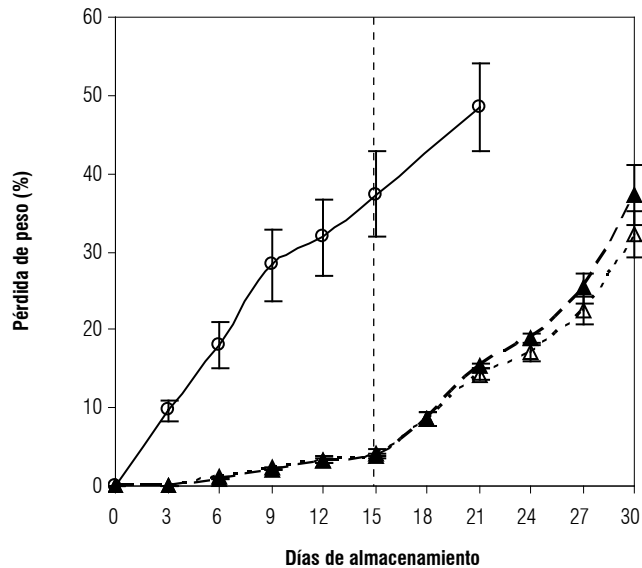


FIGURA 4. Pérdida de peso de frutos de pitaya amarilla (n=9) almacenados a tres condiciones diferentes. ○ Temperatura ambiente, ▲ Refrigeración y △ Choque térmico. La barra de error indica la desviación estándar. La línea vertical discontinua indica el momento en que los frutos salieron del almacenamiento refrigerado a 2°C y pasaron a 18°C.

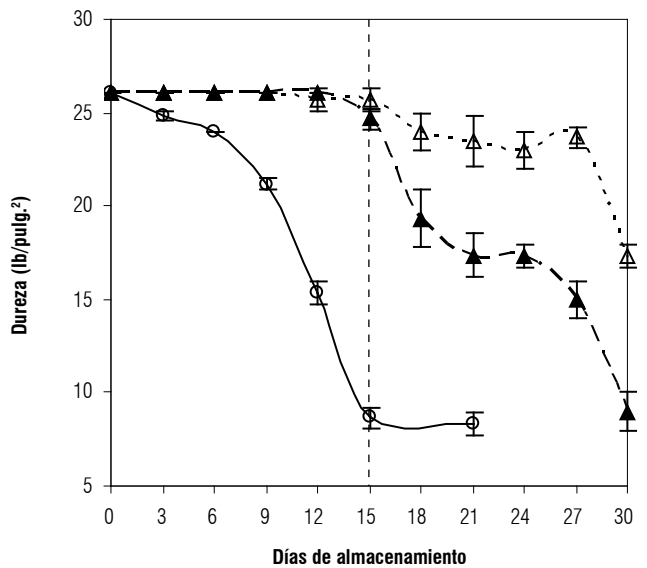


FIGURA 5. Firmeza de frutos de pitaya amarilla (n=9) almacenados a tres condiciones diferentes. ○ Temperatura ambiente, ▲ Refrigeración y △ Choque térmico. La barra de error indica la desviación estándar. La línea vertical discontinua indica el momento en que los frutos salieron del almacenamiento refrigerado a 2°C y pasaron a 18°C.

Literatura citada

- Abu-Bark, A.-B.A. y H.A. Bashir. 2003. Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chem.* 83, 213-218.
- Ali, Z., L. Chin y H. Lazan. 2004. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Sci.* 167, 317-327.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of AOAC. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, VA.
- Arenas, C. y L.F. Camero. 1995. Influencia del dióxido de carbono en la inhibición de los daños por frío de la pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). Trabajo de grado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Baquero, E., J. Castro y C. Narváez. 2005. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas en pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*): Maduración y senescencia. *Acta Biol. Colomb.* 10, 49-60.
- Camargo, A. y O. Moya. 1995. Estudio preliminar de la influencia del choque térmico en la inhibición de los daños por frío en la pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Dueñas, G.Y.M., C.E. Narváez C. y L.P. Restrepo S. 2008. Inhibición de lesiones por frío de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*) a través del choque térmico: catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas. *Acta Biol. Colomb.* 13, 95-106.
- Garnica, G. y E. Quintero. 1994. Estudio preliminar de la influencia de las bajas temperaturas sobre algunas características de la maduración de la pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- ICA. 2008. Colombia inicia exportaciones de pitahaya en rodajas a Estados Unidos. En: ICA, <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2008/Colombia-inicia-exportaciones-de-pitahaya-en-rodaj.aspx>; consulta: 10 de marzo de 2008.
- Kondo, S., M. Kittikorn y S. Kanlayanarat. 2005. Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. *Postharv. Biol. Technol.* 36, 309-318.
- Lurie, S. y J.D. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116, 1007-1012.
- Narváez, C. y P. Restrepo. 2002. Efecto del almacenamiento de uva caimaron (*Pourouma cecropiifolia*) a diferentes temperaturas sobre los sólidos solubles y la actividad de catalasa. *Rev. Colomb. Quim.* 32, 81-92.
- Nerd, A. y Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. *Postarv. Biol. Technol.* 15, 99-105.
- Paull, R. y N. Jung. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharv. Biol. Technol.* 21, 21-37.
- Rodríguez, D.A., M.d.P. Patiño, G. Fischer y J.A. Gálvis. 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Rev. Fac. Nal. Agron. Medellín* 58(2), 2837-2857.
- Sala, J. y M. Lafuente. 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. *Postharv. Biol. Technol.* 20, 81-89.
- Valbuena, T. y N. Castro. 1993. Estudio del comportamiento del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a bajas temperaturas y la influencia de choques térmicos sobre los daños por frío. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Wang, C. 1990. Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, FL.