

PERMEABILIDAD CUTICULAR DE FRUTOS DE LECHOSA (*Carica papaya* L.)

Cuticle permeability of lechosa (*Carica papaya* L.) fruits

Deysi Petit-Jiménez⁽¹⁾, Aracelis Giménez¹, Belinda Rojas⁽¹⁾, Yanira Terán⁽¹⁾, Rosa Salinas⁽²⁾ y Reginaldo Báez-Sañudo⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto-Estado Lara, Venezuela. dpetit@ucla.edu.ve

⁽²⁾Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de Ciencias Agropecuarias. Km. 25 Carr. Villa Hermosa, Teapa. E- mail: rosa.salinas@daca.ujat.mx

⁽³⁾Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. A.C. (CIAD) Hermosillo-Sonora, México. rbaez@cascabel.ciad.mx

Recibido: 03-02-14 / Aceptado: 16-04-14

RESUMEN

Los frutos después de cosechados pierden peso principalmente mediante el proceso de transpiración a través de la cutícula, ocasionando la pérdida de peso que se refleja en la apariencia, la cual delimitan la aceptación comercial. El proceso de transpiración está influenciado por las características anatómicas y morfológicas del fruto y por los factores ambientales. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios de la permeabilidad de la cutícula en frutos de lechosa a los 0, 3, 6, 9, 12 y 15 días de almacenamiento. Los frutos fueron muestreados en un huerto comercial ubicado en Yogore, estado Lara. La unidad experimental fue un fruto con tres repeticiones. Los frutos fueron cosechados al llegar a la madurez fisiológica y posteriormente trasladados en transporte refrigerado y almacenados bajo condiciones de mercadeo (25°C; 60-65% HR), para realizar evaluaciones cada tres días hasta senescencia. En cada muestra se determinaron las variables: permeabilidad de la cutícula, pérdida de masa y apariencia externa durante la etapa de almacenamiento del fruto. Se utilizó un diseño completamente al azar, los datos se analizaron con el programa NCSS. Los cambios en permeabilidad al vapor de agua de la cutícula en los frutos presentaron un aumento paulatino durante la evaluación, registrándose diferencias significativas entre los días de almacenamiento, la mayor eficiencia de la cutícula en regular la pérdida de agua se presentó a los 0 y 3 días del almacenamiento. El comportamiento de la pérdida de masa y la apariencia externa presentaron una tendencia normal esperada con incremento de pérdida y disminución en la apariencia durante el almacenamiento.

Palabras clave: *Carica papaya* L., poscosecha, cutícula, permeabilidad.

SUMMARY

The fruits after harvest lose weight primarily by the process of transpiration through the cuticle, causing weight loss that is reflected in the appearance, which delimit the commercial acceptance. Transpiration is influenced by the anatomical and morphological fruit characteristics and environmental factors. The aim of this study was to determine the changes in the permeability of the cuticle in papaya fruits at 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days of storage. The fruits were sampled in a commercial orchard located in Yogore, Lara state. The experimental unit was a fruit with three replications. The fruits were harvested to reach physiological maturity and subsequently transferred and stored under refrigerated conditions marketing transport (25 ° C, 60-65 % RH) for assessments every three days until senescence. Cuticle permeability, mass loss and external appearance during the storage stage of fruit: for each sample were determined variables. A completely random design, the data were analyzed using the NCSS program was used. Changes in water vapor permeability of the cuticle in the fruits showed a gradual increase during the evaluation, showing significant differences between days of storage, the greater efficiency of the cuticle in regulating water loss was presented at 0 and 3 days storage. The behavior of the mass loss and external appearance showed an expected normal tendency to increase of loss and decrease in the appearance during storage.

Key words: *Carica papaya* L., postharvest, cuticle, permeability.

INTRODUCCIÓN

Los frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) se caracterizan por su gran demanda tanto en el mercado interno como en los diferentes mercados internacionales (FAO, 2014), sin embargo el tiempo de almacenamiento y su comercialización se ven limitados por su carácter perecedero (Manenoi *et al.*, 2007) y una maduración rápida de 6 a 9 días a temperaturas de 25°C (Paull *et al.*, 1997); por su susceptibilidad a las enfermedades poscosecha (Barrera-Necha *et al.*, 2008) y a daños al almacenar los frutos a temperaturas por debajo de 10°C (Maharajh y Shankat, 1990).

Las cutículas de las plantas controlan el movimiento de agua entre dos compartimentos, la capa externa de la pared celular de la epidermis y la atmósfera adyacente; debido a una de las principales características que presenta, su baja permeabilidad (Baur, 1997) y está relacionada directamente con las propiedades de la cutícula (Samuels *et al.*, 2008). Existen dos procesos por los cuales los gases y el vapor atraviesan esta estructura. Uno es el efecto poro, en el cual los gases fluyen por microporos

y pequeñas grietas (Riederer y Schreiber, 2001) y el otro, es el de difusión en la cual los gases se disuelven y difunden como moléculas simples por el efecto de un gradiente de potencial químico y se evaporan en la superficie al otro lado de ésta barrera (Schreiber, 2005). Entre los factores ambientales que afectan la velocidad de difusión del vapor de agua en la cutícula, se encuentran la temperatura y el % de humedad relativa (Schreiber, 2002). En ambos casos en condiciones bajas, el movimiento del vapor es lento (Wagner *et al.*, 2003).

El objetivo de éste trabajo fue determinar los cambios en la permeabilidad en frutos de lechosa, de tal forma que sirvan de base en la búsqueda de manejos efectivos para mantener la calidad de los frutos.

METODOLOGÍA

Material vegetal: Se utilizaron frutos de lechosa “Maradol” cosechadas en el estado de madurez fisiológica en la temporada Octubre-Noviembre 2013 provenientes de una unidad de producción comercial en Yogore, Lara-Venezuela. Los frutos muestreados se empacaron en bolsas de papel y trasladados en transporte refrigerado. En el laboratorio, los frutos se seleccionaron visualmente libres de daños, se homogenizó la muestra por el tamaño de los mismos. Se utilizó un total de 60 frutos para las evaluaciones.

Pérdida de masa: Se registró el peso y se calculó en base al porcentaje de masa perdida. Se marcaron cinco frutos y se pesaron desde el inicio del experimento en una balanza modelo: Tropper TRGRS. Se aplicó la fórmula $Pm = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial} \times 100$.

Extracción de cutículas: ésta se realizó de acuerdo al método descrito por Schönherr y Riederer (1986), del exocarpo de los frutos, mediante un sacabocados se obtuvieron aproximadamente 30 discos de 1.0 cm^2 . Los mismos se incubaron por 72 h en un envase de plástico que contenía una disolución digestora de 1 g de cloruro de zinc (ZnCl_2) con 1,7 mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado, y se agitó periódicamente. Se lavaron varias veces con agua destilada y posteriormente se transfirieron a una solución de ácido bórico (H_3BO_3)

a 2 % durante 24 h, con varias agitaciones para eliminar el resto de materia orgánica adherida a ellas, se lavaron nuevamente con agua destilada y se colocaron en una nueva solución de H_3BO_3 (2 %) hasta su uso.

Permeabilidad de cutícula: se midió en 12 cutículas aisladas por unidad experimental, cada una de $1,13 \text{ cm}^2$. Las mismas fueron adheridas en láminas de teflón cubriendo cuatro orificios de $0,33 \text{ cm}^2$, y se aplicó silicona líquida alrededor de los orificios. Posteriormente se montaron sobre cajas de Petri plásticas de 5 cm de diámetro a las que previamente se le habían añadido 5 mL de agua destilada, y fueron selladas herméticamente con pinzas de presión. Dicho sistema se incubó a $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y se pesaron a intervalos de 1 h durante 8 h. Los datos se expresaron como mg de agua perdida en forma de vapor por cm^2 de cutícula expuesta por hora (Báez *et al.*, 1993).

Apariencia externa (%): Se utilizó una escala hedónica, la apariencia externa se evaluó: brillo, marchitez y presencia de daños físicos. Los frutos se clasificaron en: 5: excelente, 4: bueno, 3: comercializable, 2: no comercializable, 1: no consumible.

Análisis estadístico: se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Number Cruncher Statistical Systems versión 6.0 (NCSS, 2000) mediante análisis de varianza (ANOVA) con $\alpha \leq 0.05$. Se hicieron comparaciones de medias mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$). Para los datos cualitativos se utilizó el método de χ^2 -cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en permeabilidad al vapor de agua de la cutícula en los frutos de lechosa almacenados a temperatura ambiente, presentaron un aumento paulatino (entre 12.64 y 14.56 mg de vapor de agua/ cm^2/h) durante el período de almacenamiento (Figura 1). Similar comportamiento en el incremento de la permeabilidad durante el almacenamiento fue reportado por Baur (1998) en tomate y pimentón y por Petit *et al.* (2007) en mango; mientras en manzana, Veraverbeke *et al.* (2003) señaló una disminución de la permeabilidad. Hartz y Knoche (2003), relacionaron ésta disminución con el incremento en la fracción de ceras cuticulares cristalinas, las cuales se piensan son menos permeables al vapor de agua que los componentes de las ceras amorfas. Kunst y Samuels (2009), indican

que el contenido de ceras epicuticulares e intracuticulares, tienden a incrementarse a través del tiempo en el almacenamiento, sin embargo la morfología y estructura varía, favoreciendo la pérdida de las funciones de la cutícula.

En algunos estudios se ha determinado que las cutículas más pesadas y con más ceras, son menos permeables (Samuels *et al.*, 2008). Sin embargo, se ha demostrado que la resistencia que ofrece la cutícula a los cambios en permeabilidad al agua, no dependen específicamente de su grosor, sino de la variación de sus componentes y de las proporciones en que éstas se encuentren (Báez *et al.*, 1993). De igual forma, Curvers *et al.* (2010), señalan que los factores que influyen en los cambios en la permeabilidad son la composición de las fracciones de la cera, el arreglo estructural y el número de lenticelas presentes en los frutos.

De acuerdo a Baur (1997), la variabilidad de la permeabilidad de la cutícula en la planta durante el crecimiento esta asociada a las estructuras presentes en la epidermis (estomas, lenticelas, tricomas), a los cambios de la estructura de la superficie cuticular y a los cambios de la composición química de la cutícula. En relación a las estructuras presentes en la epidermis, en el caso de la lechosa son los estomas (Parés *et al.*, 2008). El número presente de ellos está determinado en la antesis y permanecen constantes durante el desarrollo del fruto (León, 1987).

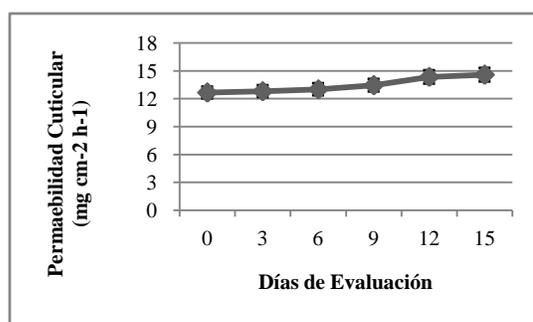


Figura 1. Cambios de la permeabilidad al vapor de agua en $\text{mg cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ de cutículas aisladas de lechosa durante el almacenamiento del fruto.

Pérdida de masa. La pérdida de masa se incrementó con el tiempo de almacenamiento, alcanzando a los nueve días un 4,19% (Figura 2). La pérdida de masa puede verse acelerada por una baja humedad relativa (HR), tal es el caso del almacenamiento a 25°C en este estudio, en donde la HR fluctuó entre 65 y 70%. Resultados semejantes a este estudio son reportados por Paull *et al.* (1997). Una de las principales causas de pérdida de masa en los frutos durante el almacenamiento es mediante la transpiración. El fruto pierde agua en forma de vapor, especialmente a través de la cutícula, no sólo es importante por ser una pérdida económica, sino también por su efecto negativo en la apariencia, textura y calidad nutricional (Kader, 2002).

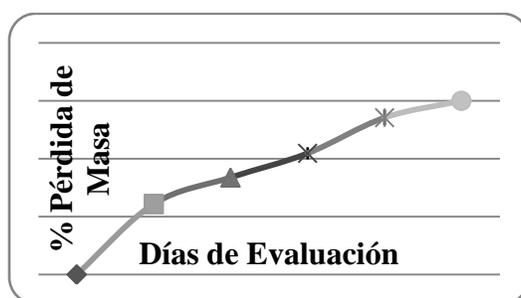


Figura 2. Comportamiento de la pérdida de masa acumulativa en frutos de lechosa, almacenados a temperatura ambiente (25 °C). Barras verticales indican el error estándar \pm ES.

En la Figura 3 se observa el comportamiento de la pérdida de la apariencia externa. Los frutos de lechosa almacenados a temperatura ambiente mostraron al iniciar el experimento una excelente apariencia, libres de manchas, sin pudriciones, fuertes al tacto y una coloración característica a la variedad. En general, los frutos presentaron disminución de la apariencia, en relación a la falta de brillo y a los indicios de arrugamiento ligero en los frutos al tercer día. Los resultados fueron similares a los reportados para lechosas Maradol por Belandria *et al.* (2010) y Manenoi *et al.* (2007).

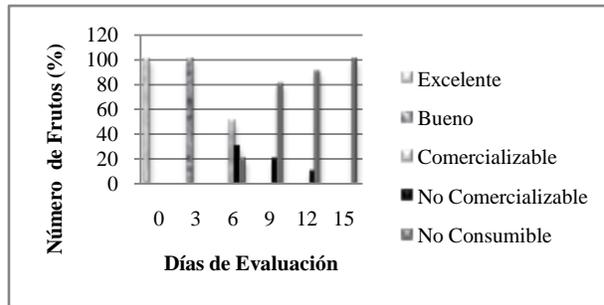


Figura 3. Apariencia externa de las evaluaciones subjetivas, en base a porcentaje, de frutos de lechosa durante la maduración almacenados a temperatura ambiente.

CONCLUSIONES

Los cambios en la permeabilidad en la cutícula de la lechosa almacenada a temperatura ambiente, presentaron un incremento progresivo durante el periodo de almacenamiento, la mayor eficiencia de la cutícula en regular la pérdida de agua se presentó a los 0 y 3 días del almacenamiento, afirmando la importancia de considerar la aplicación de tratamientos poscosecha y sus efectos sobre la función de la cutícula en los fruto.

El comportamiento de la pérdida de masa y la apariencia externa presentaron una tendencia normal esperada con incremento de pérdida y disminución en la apariencia durante el almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez, R., Tadeo, F., Primo-Millo, E. y Zacarias, L. (1993). Physiological and ultrastructural changes during the ripening and senescent of clementine mandarin. *Acta Horticulturae*. 343:18-24.
- Barrera-Necha, L., Bautista-Baños, S., Flores-Moctezuma, H. y Rojas-Estudillo A. (2008). Efficacy of essential oils on the conidial germination, growth of *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.)Penz. And sace and control of postharvest diseases in papaya (*Carica papaya* L.). *Plant Pathology Journal* 7 (2):174-178.
- Baur, P. (1998). Mechanistic aspects of foliar penetration of agrochemicals and the effects of adjuvants. *Recent Research Devices Agricultural Food Chemistry* 2:809-837.

- Baur, P. (1997). Lognormal distribution of water permeability and organic solute mobility in plant cuticles. *Plant Cell Environment*. 20:809-837.
- Belandria, D., Velandria, V., y Navarro, C. (2010). Caracterización física, química y organoléptica de los frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) en las variedades Tailandia y Maradol. *Producción Agropecuaria* 3(1):45-49.
- Curvers, K., Seifi, H., Mouille, G., De Rycke, R y Asselbergh, B. (2010). ABA-deficiency causes changes in cuticle permeability and pectin composition that influence tomato resistance to *Botrytis cinerea*. *Plant Physiol* 154: 847–860.
- Food and Agriculture Organization (FAO).(2014). Statistical Production and Marketing of Papaya FAOSTAT Database. [document en línea] En <http://apps.fao.org>. [Consulta: 2014, Enero 31].
- Hartz, M. y Knoche, M. (2003). Epidermal segments: a useful model system for studying water transport through fruit surfaces. *HortScience*. 38(7):1410-1413.
- Kader, A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. Third Edition. University of California. Agriculture and Natural Resources. USA. Publication 3311.535 p.
- Kunst, L. y Samuels, L. (2009). Plant cuticles shine: advances in wax biosynthesis and export. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 721–727.
- León, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Maharaj, R. y Sankat , C. (1990). Storability of papayas under refrigerated and controlled atmosphere. *Acta Horticulturae* 269: 375-386.
- Manenoi, A., Bayogan, E., Thumdee, S. y Paull, R. (2007). Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biology and Technology* 44: 55-62.
- Number Cruncher Statistical Systems (NCSS).(2000). Statistical Systems 6.0 for windows. Kaysville, Utah.
- Parés, J., Arizaleta, M., Sanabria M.E. y García, G. (2008). Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y grosor foliar en plantas de *Carica papaya* L. *Acta bot. venez.* 31(1):27-34.
- Paull, R., Nishijima, W., Marcelino, R. y Cavaletto, C. (1997). Post harvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Post Harvest Biology and Technology* 11: 165-179.

- Petit D., A. González-León, G. González-Aguilar, R. Sotelo-Mundo y Báez-Sañudo R. (2007). Cambios de la cutícula durante la ontogenia del fruto de *Mangifera indica* L. Revista Fitotecnia Mexicana 30(1):51-60.
- Riederer, M. y Schreiber, L. (2001). Protecting against water loss: analysis of the barrier properties of plant cuticles. Journal of Experimental Botany 52(363):2023-2032.
- Samuels, L., Kunst L y Jetter, R. (2008). Sealing plant surfaces: Cuticular wax formation by epidermal cells. Annu Rev Plant Biol. 59: 683–707.
- Schönherr, J. y Riederer, M. (1986). Plant cuticle sorb lipophylic compounds during enzymatic isolation. Plant Cell Environment. 9: 459-466.
- Schreiber, L. (2005). Polar paths of diffusion across plant cuticles: new evidence for an old hypothesis. Annals of Botany. 95: 1069-1073.
- Schreiber, L. (2002). Co-permeability of ³H-labelled water and ¹⁴C-labelled organic acids across isolated *Prunus laurocerasus* cuticles: effect of temperature on cuticular paths of diffusion. Plant Cell and Environment. 25: 1087-1094.
- Veraverbeke, E., Verboven, P. Van, P. y Nicolai, B. (2003). Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. Mitis (Wallr)) during storage. Part 1. Model development and determination of diffusion coefficients. Postharvest Biology and Technology. 30:75-88.
- Wagner, P., Fürstner, R., Barthlott, W. y Neinhuis, C. (2003). Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. Journal Experimental Botany. 54:1-9.