

Cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos en tejido de papaya “Maradol” cortado en cubos

Physical, physiological and biochemical changes in fresh cut “Maradol” papaya tissue

Por Erick Paul Gutiérrez-Grijalva¹, Nancy Varela-Bojórquez², Rosabel Vélez-de la Rocha¹, José Basilio-Heredia¹, Josefa Adriana Sañudo-Barajas^{1*}

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

²Instituto de Investigación Lightbourn, A.C.

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
adriana@ciad.mx

Recibido: Marzo 3 de 2014

Aceptado: Julio 18 de 2014

RESUMEN: Se evaluaron los cambios en la maduración de cubos de pulpa de papaya ‘Maradol’ en comparación con el proceso en frutos de intactos durante horas o días de almacenamiento a 20°C, respectivamente. Se analizó la firmeza, color y producción de etileno a diferentes tiempos de almacenamiento y se midió la actividad enzimática (AE) de poligalacturonasa (PG) y β -galactosidasa (β -Gal). Los cubos de tejido presentaron distintivamente una mayor actividad fisiológica y mostraron un pico climatérico temprano (1 h) y un aumento en la producción de etileno (8 h); el perfil de ablandamiento fue muy parecido al de frutos intactos pero la AE de PG no fue afectada significativamente en contraste con la reducción de la AE de β -Gal. Los cambios fisiológicos y bioquímicos en la maduración de tejido de papaya no fueron equivalentes a los de frutos enteros. **PALABRAS CLAVE:** Maduración, ablandamiento, β -galactosidasa, poligalacturonasa.

ABSTRACT: The changes in ripening of papaya ‘Maradol’ fresh cut tissue were evaluated in comparison to the process occurred in whole fruits during hours or days of storage at 20°C, respectively. Firmness, color and ethylene production were analyzed at different storage time and enzymatic activity of polygalacturonase (PG) and β -galactosidase (β -Gal), were assayed. The stored cut tissue showed a distinctive higher physiological activity, also an early climacteric peak (1 h) and an increase in the production of ethylene (8 h); the softening profile was similar to intact fruit but PG activity was not significant affected in relation to the reduction of β -Gal activity. The physiological and biochemical changes in cut tissue were nonequivalent to intact papaya fruit.

KEY WORDS: Ripening, softening, β -galactosidase, polygalacturonase.

Introducción

Durante la maduración de frutos climatéricos ocurren una serie de eventos fisiológicos y bioquímicos que están genéticamente programados e influyen en la apariencia, textura, sabor y aroma de los frutos (Fischer y Bennett, 1991; Giovannoni, 2001; 2004; Prasanna *et al.*, 2007; Goulao y Oliveira, 2008). Dichos cambios son producto de la expresión génica traducida en una actividad metabólica inducida y regulada principalmente por el etileno (Campbell *et al.*, 1990). Estos cambios fisiológicos ocurren como resultado de la expresión génica y metabólica espacial y temporalmente diferenciada y son influenciados por las condiciones productivas de cada planta en particular, la ubicación e incidencia de luz, las condiciones nutricionales y la presión abiótica entre otros; por lo tanto, los estudios explicativos de los fenómenos metabólicos pueden variar de un fruto a otro. Por otra parte, dentro de la estructura anatómica del fruto, se presentan variaciones en función de la cercanía y distribución de semillas variando incluso el metabolismo en región del tejido (Campbell *et al.*, 1990).

Los procesos de maduración de papaya se estudian convencionalmente en frutos íntegros (Ali *et al.*, 1998;

Sañudo-Barajas *et al.*, 2008; Sañudo-Barajas *et al.*, 2009) y se desconoce si dichos procesos pueden investigarse con el modelo de cortes de tejido reportado en frutos tomate (Campbell *et al.*, 1990). Este método presenta numerosas ventajas, permite estudiar los procesos de maduración aislando diferentes tejidos, adición de inhibidores o intermediarios y medición de procesos locales y reduce variaciones inter frutales (Campbell *et al.*, 1990; Campbell y Labavitch, 1991). Sin embargo, es necesario estudiar y validar comparativamente dichos procesos en frutos íntegros y cortes de tejido si se quiere utilizar este modelo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue examinar los procesos fisiológicos de maduración evaluados en cortes de tejido de papaya ‘Maradol’.

Materiales y métodos

Se obtuvieron 20 frutos de papaya ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{1}{4}$ con ausencia de defectos y enfermedades de un local comercial del mercado de abastos de Culiacan, Sinaloa, Mex. Los frutos se trasladaron al laboratorio y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ y se secaron a temperatura ambiente. Se seleccionaron 3 fru-

tos para la obtención de la parte central y bajo condiciones de esterilidad se cortaron cubos de 1.5 cm x 1 cm x 1 cm de alto, ancho y largo, respectivamente, con un peso promedio de 1.5-2 g. Los cubos se almacenaron en microplacas a 20°C y se muestrearon a las 0, 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 36 y 48 horas. Los frutos intactos restantes, se almacenaron a 20°C y se muestrearon a los 0, 3, 5, 7 y 9 días; para la lectura de parámetros de calidad física, se consideró la misma región central utilizada para cortar los cubos.

Se utilizó un sistema estático para la medición de CO₂ y etileno. Las microplacas con los cubos de tejido se sellaron con papel parafilm y se mantuvieron así durante 30 min. Posteriormente con una jeringa se tomó 1 mL de muestra de los gases acumulados y se inyectó en un cromatógrafo de gases Varian 3300 equipado con una columna Hayesep Q 100/120 (6' x 1/8') y dos detectores en serie; uno de conductividad térmica para la cuantificación de CO₂ y uno de ionización de flama para la detección de etileno (Báez *et al.*, 1997).

La firmeza se midió con un penetrómetro digital Chatillon DFGS-100 adaptado con una base automática TCD 200 (Chatillon), se utilizó un punzón de 1 mm de diámetro; el cual se insertó 3 mm en el tejido y se registró la fuerza (N) necesaria para romper el tejido. Para medir el color se utilizó un espectrofotómetro Konica CM-2600d (Minolta Inc.), se registró el ángulo de matiz (Hue) externo e interno.

La extracción de enzimas de la pared celular se realizó de acuerdo con el método propuesto por Sañudo *et al.* (2009). Las enzimas se extrajeron con un buffer de pre-extracción (50 mM NaAc pH 5, 10 g·L⁻¹ PVPP y 0.1% Tritón X-100) a una relación 1:2. Posteriormente, el homogeneizado se centrifugó a 10,000 x g por 20 min y se repitió el proceso. El pellet se extrajo con 20 mL de acetato de sodio 50 mM pH 5 que contiene 10 g·L⁻¹ de PVPP y NaCl 1 M, se colocó en agitación a 4°C por 1 h y se centrifugó a 10,000 rpm por 20 min. El sobrenadante se colectó, se filtró dos veces a través de GF/A, se dializó contra acetato de sodio 50 mM pH 5 y se utilizó para análisis posteriores.

Se hizo un bloqueo aleatorizado completo de un factor (tiempo de almacenamiento) con 5 y 7 niveles para frutos intactos y cubos, respectivamente. Para los análisis de etileno, CO₂, firmeza y color la unidad experimental consistió de un fruto o 5 cubos de tejido, según intacto o tejido cortado.

Resultados y discusión

Se registró un incremento en la producción de CO₂ en las primeras horas de almacenamiento de los cubos, indicando la posible inducción temprana del pico climatérico y antecedió al aumento en la producción de etileno mostrando una

aceleración metabólica provocada por el corte. La máxima producción de CO₂ se presentó a la primera hora del almacenamiento (Figura 1A) y la de etileno a las 8 hora en los cubos de tejido (Figura 1B); mientras que, en los frutos intactos el climaterio se presentó a los 7 días y la máxima concentración de etileno se observó al inicio y día 7 del experimento. La tasa respiratoria en cubos de tejido se mantuvo hasta la hora 40 del experimento, descendiendo a la hora 48. Sañudo-Barajas *et al.*, (2008) midieron la producción de CO₂ y etileno en frutos intactos de papaya 'Maradol', y reportaron un incremento de la producción de CO₂ y etileno en los días de almacenamiento 4 y 7 respectivamente. En frutos precortados, la tasa respiratoria incrementa como consecuencia del corte, inclusive también se puede acompañar de un incremento en la producción de etileno y síntesis/pérdida de fitoquímicos (Rivera-López *et al.*, 2005).

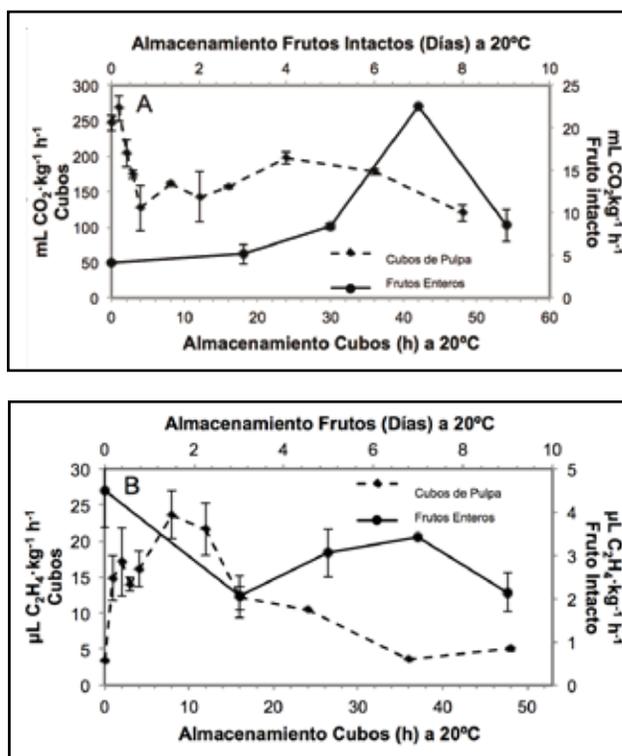


Figura 1. A) Producción de CO₂ de cubos de tejido y B) producción de etileno de cubos de tejido frutos intactos almacenados a 20°C. Las barras indican el error estándar (n=5).

Los cambios de color observados en cubos de tejido muestran disparidad con respecto a los obtenidos en los frutos intactos, indicando que en los cortes de pulpa se afecta el desarrollo de color y por lo tanto este proceso no ocurre con homología a frutos intactos (Figura 2). Considerando que el desarrollo de color es un aspecto regulado hormonalmente por el etileno, se deduce que el corte ocasionó cambios en el metabolismo de expresión de las enzimas

relacionadas con la síntesis de compuestos carotenoides. Este comportamiento difiere de lo obtenido en cubos de pericarpio de tomate donde se reporta un desarrollo de color normal y similar al de frutos intactos (Campbell *et al.*, 1990; Campbell y Labavitch, 1991).

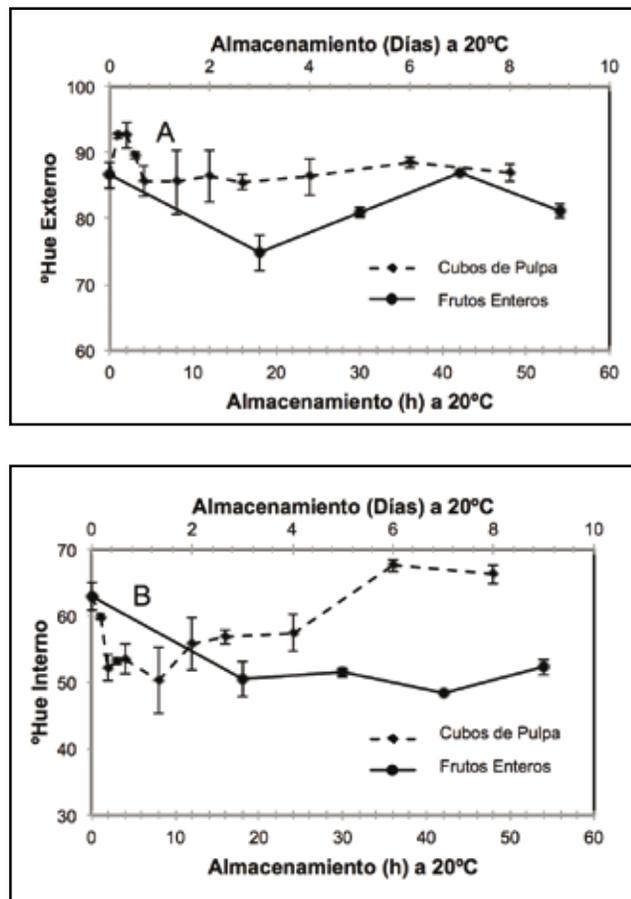


Figura 2. A) Cambios de color externo e B) interno en cubos de tejido y frutos intactos de papaya 'Maradol' almacenados a 20°C. Escalas diferenciadas en ejes primarios y secundarios. Las barras indican el error estándar (n=5).

Los frutos intactos perdieron alrededor del 77% de firmeza al día 3 de almacenamiento; mientras que los cubos de tejido, aunque presentaron un patrón de pérdida similar a partir de las 3 h de almacenamiento (Figura 3), la magnitud de la misma fue menor (en su respectiva escala de medición y unidad de tiempo de almacenamiento). Sin embargo, ambos comportamientos de descenso de la firmeza se han reportado previamente como efectos de la expresión y activación de enzimas que degradan la pared celular y favorecen el ablandamiento de los tejidos (Rivera-López *et al.*, 2005; Sañudo-Barajas *et al.*, 2009).

De los resultados obtenidos, se sugiere que los cambios fisiológicos y bioquímicos de maduración de frutos intactos de papaya se ven afectados irregularmente en los

cubos de tejido haciendo poco viable el estudio y analogía de dichos procesos bajo este modelo.

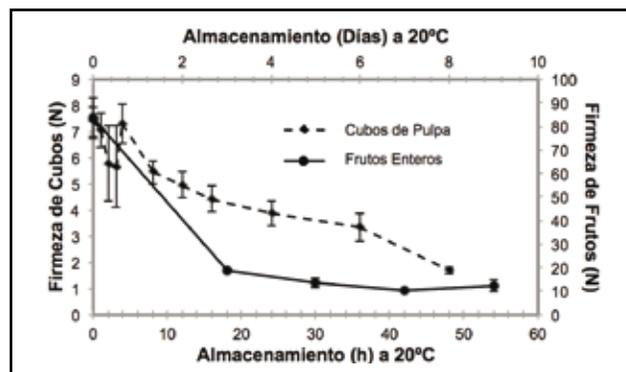


Figura 3. Firmeza (N) de cubos de tejido y frutos intactos almacenados a 20°C. Las barras indican el error estándar (n=5).

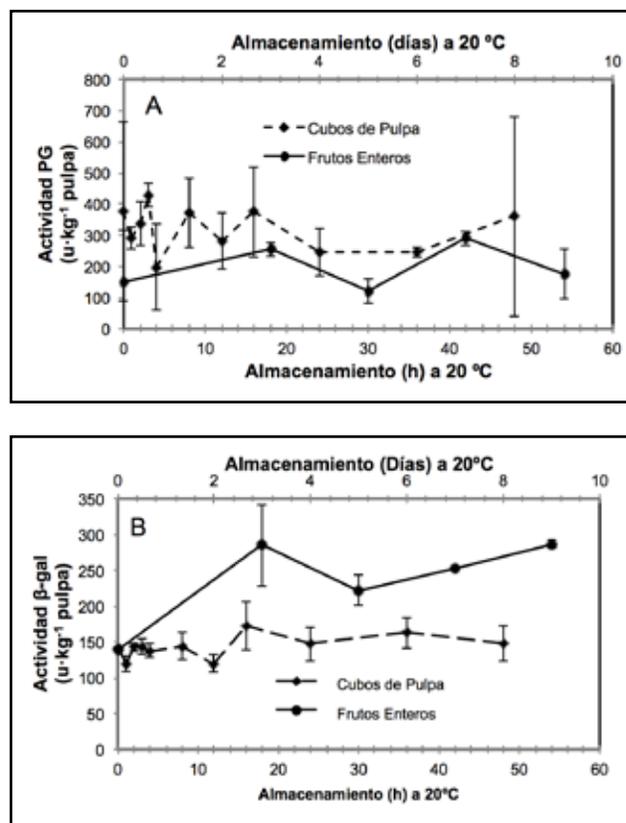


Figura 4. Cambios en la actividad enzimática de A) PG y B) β-Gal de cubos de tejido y frutos intactos de papaya "Maradol" durante su almacenamiento. Las barras indican el error estándar (n=3).

Conclusiones

Los perfiles fisiológicos y bioquímicos no fueron equivalentes entre cubos de tejido y frutos íntegros de papaya 'Maradol'. Por lo tanto, este modelo no es viable para estudiar aspectos de la maduración en frutos de papaya donde la variación inter frutal sea un factor importante de controlar.

Referencias

- Ali, Z. M., Ng, S. Y., Othman, R., Goh, L. Y., & Lazan, H. (1998). Isolation, characterization and significance of papaya β -galactanases to cell wall modification and fruit softening during ripening. *Physiologia Plantarum*, 104(1), 105-115.
- Báez, M. A., Siller J., Heredia B., Araiza E., García R., Muy M.D. (1997). Fisiología poscosecha de frutos de chicozapote (*Achras sapota* L.) durante condiciones de mercadeo. *Proc. Interamerican Soc. Trop. Hort.* 41:209-214
- Campbell, A. D., Huysamer, M., Stotz, H. U., Greve, L. C., & Labavitch, J. M. (1990). Comparison of ripening processes in intact tomato fruit and excised pericarp discs. *Plant Physiology*, 94(4), 1582-1589.
- Campbell, A. D., & Labavitch, J. M. (1991). Induction and regulation of ethylene biosynthesis and ripening by pectic oligomers in tomato pericarp discs. *Plant Physiology*, 97(2), 706-713.
- Fischer, R. L., & Bennett, A. B. (1991). Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annual Review of Plant Biology*, 42(1), 675-703.
- Giovanoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Biology*, 52(1), 725-749.
- Giovanoni, J. J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell Online*, 16 (suppl 1), S170-S180.
- Goulao, L. F., & Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 4-25.
- Prasanna, V., Prabha, T. N., & Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena—an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 1-19.
- Rivera-López, J., Vázquez-Ortiz, F. A., Ayala-Zavala, J. F., Sotelo-Mundo, R. R. y González-Aguilar, G. A. (2005). Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. 'Maradol'. *Journal of Food Science*, 70(7): s482-s489.
- Sañudo-Barajas, J. A., Siller-Cepeda, J., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, D., Álvarez-López, G., Labavitch, J. (2008). Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2):141-147.
- Sañudo-Barajas, J. A., Labavitch, J., Greve, C., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, D., & Siller-Cepeda, J. (2009). Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2), 158-167.