

## **Efecto de un Tratamiento Hidrotérmico-Cloruro de Calcio sobre la Calidad Poscosecha y el Contenido de Compuestos Bioactivos en Frutos de Papaya Durante su Almacenamiento Comercial**

B.A. López-Zazueta, L.E. Ayón-Reyna, M.E. López-López, R. Gutiérrez-Dorado, M.O. Vega-García.

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sin., 80010, [blanctalpz07@hotmail.com](mailto:blanctalpz07@hotmail.com).

### **RESUMEN:**

La papaya (*Carica papaya* L.) es un fruto que presenta un alto contenido de compuestos bioactivos que ayudan a prevenir enfermedades. Sin embargo, los frutos son altamente perecederos debido a que presentan cambios en sus propiedades fisicoquímicas, haciéndolos susceptibles a daños mecánicos y fisiológicos, lo que se traduce en una corta vida de anaquel. La aplicación de tratamiento hidrotérmico y sales calcio puede prolongar la vida útil, además de ayudar en la conservación de sus compuestos bioactivos, los cuales son clave en la capacidad antioxidante del fruto de papaya. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de un tratamiento hidrotérmico combinado con cloruro de calcio sobre la calidad poscosecha y el contenido de compuestos bioactivos en frutos de papaya almacenados en condiciones comerciales. Las variables de respuesta fueron pérdida de peso, firmeza, luminosidad, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, ácido ascórbico y fenólicos totales. Los resultados indicaron que la combinación de un tratamiento hidrotérmico-cloruro de calcio generó un efecto sinérgico positivo para el mantenimiento de los parámetros de calidad poscosecha y el contenido de compuestos bioactivos durante el almacenamiento a 12 °C en frutos de papaya.

**Palabras clave:** Cloruro de calcio, papaya, tratamiento hidrotérmico

### **ABSTRACT:**

The papaya (*Carica papaya* L.) is a fruit that has a high content of bioactive compounds that help to prevent diseases. However, the fruits are highly perishable because they present changes in their physicochemical properties, making them susceptible to mechanical and physiological damages, which results in a short shelf life. The application of hydrothermal treatment and calcium salts can prolong the useful life, besides helping in the conservation of its bioactive compounds, which are key in the antioxidant capacity of the papaya fruit. Based on the above, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of a hydrothermal treatment combined with calcium chloride on the postharvest quality and the content of bioactive compounds in papaya fruits stored under commercial conditions. The response variables were weight loss, firmness, internal color, pH, titratable acidity, total soluble solids, ascorbic acid, and total phenolics. The results indicated that the combination of a hydrothermal-calcium chloride treatment generated a positive synergistic effect for maintaining the postharvest quality parameters and the bioactive compounds during storage at 12 °C in papaya fruits.

**Keywords:** Calcium chloride, papaya, hydrothermal treatment

### INTRODUCCIÓN

La papaya es nativa de América Central y se considera la especie de mayor importancia económica, debido a sus características organolépticas, contenido nutrimental y capacidad antioxidante. Ésta última está mediada por el contenido de ácido ascórbico y compuestos fenólicos, los cuales actúan como modificadores de las moléculas reactivas de oxígeno, evitando el daño oxidativo (Khairul y col, 2015), reduciendo el riesgo de enfermedades degenerativas (Gayosso-García y col, 2011). A pesar de sus excelentes propiedades, la papaya es un fruto muy perecedero y de limitada vida de anaquel debido a los daños que se producen durante su vida poscosecha (Lurie y Mitcham, 2007). Es por ello que se han implementado métodos de conservación, tales como el tratamiento hidrotérmico, el cual otorga beneficios fitosanitarios a las frutas, así mismo, presenta efectos en otros parámetros fisicoquímicos que ayudan al fruto a mantener su calidad poscosecha (Báez y col, 2002). La aplicación de un tratamiento hidrotérmico genera un estrés moderado al fruto por la exposición al calor, el cual activa al sistema antioxidante enzimático y no enzimático de los frutos (Bautista y col, 2004). Otra de las técnicas utilizadas para prolongar el tiempo de vida útil de la papaya es la aplicación de cloruro de calcio debido a que participa en la estabilidad y en el mantenimiento de la integridad celular (Núñez, 2012). Por lo que existe un interés de evaluar el uso del tratamiento hidrotérmico (TH) y cloruro de calcio (Ca) o su combinación (TH-Ca) en frutos de papaya con el fin de mantener sus características de calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos de los frutos de papaya. En los resultados obtenidos se puede observar que TH-Ca presentó diferencias significativas con los demás tratamientos en los parámetros de pérdida de peso, firmeza, luminosidad, contenido de ácido ascórbico y fenólicos totales, sin embargo, no se observan diferencias entre tratamientos para los parámetros de pH, acidez titulable y sólidos solubles totales, la combinación del tratamiento hidrotérmico-calcio mantiene la calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos de frutos de papaya almacenados a 12 °C.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó papaya variedad Maradol en estado de madurez 2 (Santamaría-Basulto y col, 2009). Los frutos se seleccionaron con base en uniformidad de tamaño, color y libertad de defectos, posteriormente se lavaron y dividieron en 4 lotes para la aplicación de los tratamientos. El primer lote se utilizó como tratamiento control empleando únicamente agua purificada a temperatura ambiente (25 °C) para la inmersión, el segundo lote fue sumergido en una solución de cloruro de calcio (1%) según lo reportado por (Ayón-Reyna y col, 2015), al tercer lote se le aplicó un tratamiento hidrotérmico (48 °C por 20 min) de acuerdo a lo reportado por (Couey y col, 1984), y el cuarto lote fue tratado con la combinación de cloruro de calcio (1%) tratamiento hidrotérmico (48 °C por 20 min), todos los tratamientos tuvieron un tiempo de inmersión de 20 min y fueron almacenados a 12 °C durante 20 días para sus respectivos análisis cada 4 días (Santamaría-Basulto y col, 2009).

El porcentaje de pérdida de peso se determinó de acuerdo a lo reportado por Henríquez y col (2005). Se pesaron 12 frutos de cada tratamiento con el empleo de una balanza Sartorius modelo TE 4101. Los valores se expresaron como porcentaje de pérdida de peso en relación al peso inicial del mismo. La firmeza se determinó empleando un penetrómetro digital Chatillon DFE 100 y los resultados se expresaron en Newtons. La determinación de color en pulpa se realizó utilizando un colorímetro Minolta CR 200. Se evaluaron 9 puntos en la pulpa y se registraron los valores obtenidos para el parámetro de luminosidad. pH y acidez titulable se determinaron de acuerdo a la AOAC (2012) utilizando un potenciómetro Orión 3 Star y los resultados se reportaron como potencial de iones hidrógeno y porcentaje de ácido cítrico, respectivamente. Se determinó el contenido de sólidos solubles totales de acuerdo al método oficial de la AOAC (2012) utilizando un refractómetro manual, los resultados se reportaron como porcentaje de azúcar (° Brix).

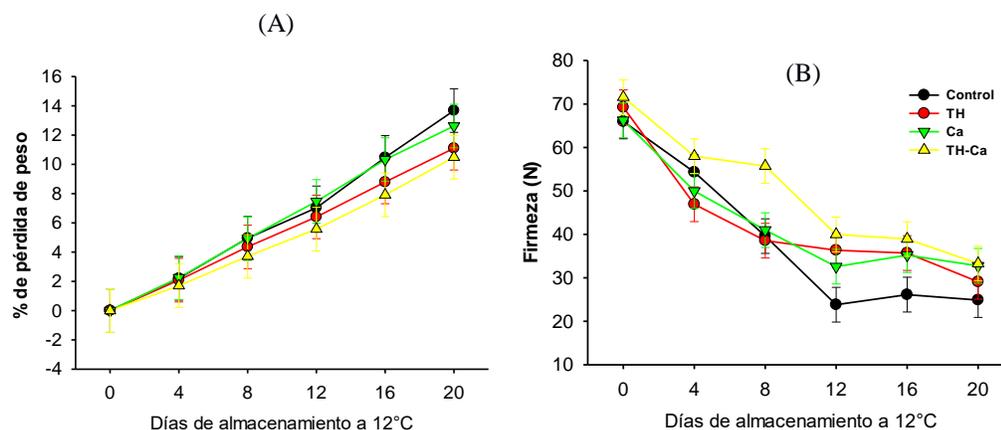
La cuantificación de ácido ascórbico se realizó de acuerdo a la metodología reportada por Durust y col (1997). Se empleó un espectrofotómetro (UV-Visible Marca Unico Modelo SQ2800) a una

longitud de onda de 520 nm y las concentraciones se determinaron utilizando una curva estándar de ácido ascórbico. Los resultados se expresaron en mg ácido ascórbico/100 gramos de fruto fresco. Los fenólicos totales fueron cuantificados por el método de Folin-Ciocalteu (FC) descrito por Mora-Rochín y col (2010). La absorbancia fue evaluada a 765 nm en un espectrofotómetro (Spectronic 2 GENESIS, USA). Para la cuantificación se utilizó una curva estándar de ácido gálico, y se reportó como mg equivalentes de ácido gálico/100 gramos de fruto fresco.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 réplicas. El análisis estadístico de los datos fue realizado a través de análisis de varianza usando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Fisher (LSD,  $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

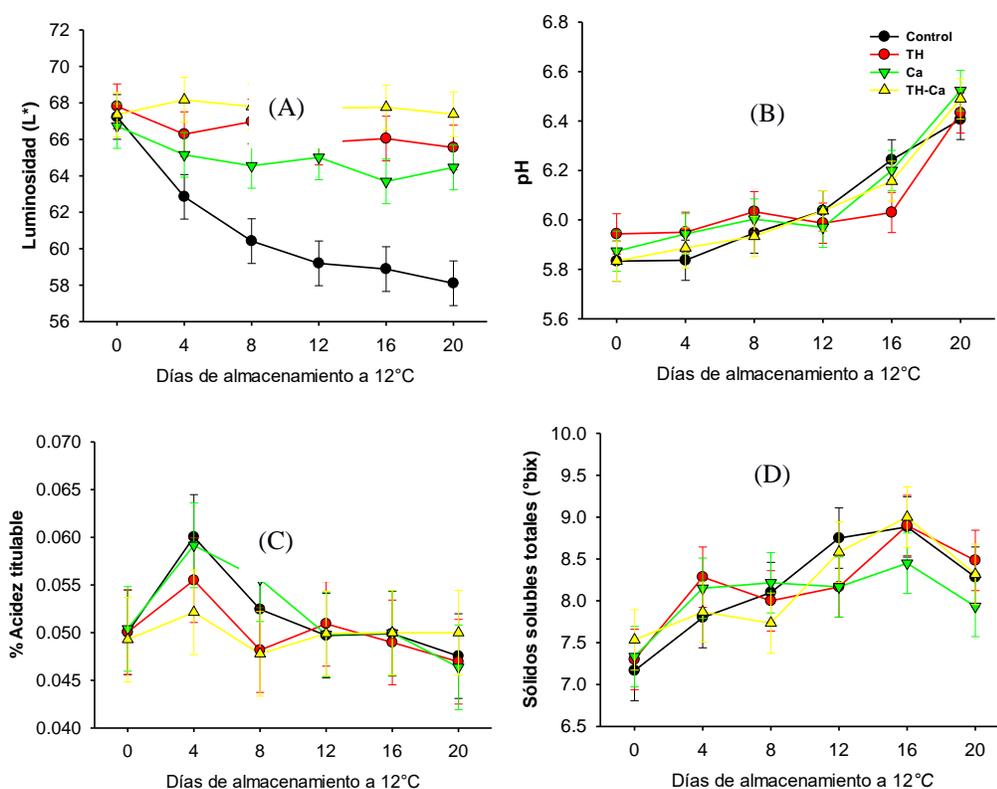
En la figura 1A se puede observar un incremento en el porcentaje de pérdida de peso en los frutos de papaya de los cuatro tratamientos. Al final del almacenamiento TH-Ca presentó menor porcentaje de pérdida de peso en comparación con el control y Ca obteniendo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. De acuerdo a lo reportado por Ayón-Reyna y col (2017), la aplicación del TH-Ca en frutos de papaya derrite la cera epicuticular del fruto provocando una superficie más homogénea, cubriendo los estomas y disminuyendo el intercambio de gases en el fruto. Resultados similares fueron reportados por Torres y col (2009) quienes observaron menor % de pérdida de peso ( $p \leq 0.05$ ) en el tratamiento TH-Ca con respecto al control en frutos de guanábana. Todos los tratamientos presentaron una disminución en la firmeza; sin embargo, los frutos que presentaron mayores pérdidas fueron los del control, obteniendo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) con el resto de los tratamientos (figura 1B). La combinación de los tratamientos TH y Ca puede favorecer la inactivación de enzimas como hidrolasas que degradan hidratos de carbono, principalmente pectinas y hemicelulosas (Zerpa-Catanho y col, 2017). Estos resultados coinciden con Aguayo y col (2008) observando que la aplicación de un tratamiento hidrotérmico en conjunto con cloruro de calcio retarda la pérdida de la firmeza en frutos de melón. Con respecto a los parámetros de color, la luminosidad en pulpa inició en valores entre 67 y 68 para todos los tratamientos, los cuales se mantuvieron constantes para los frutos tratados con TH, Ca y la combinación, mientras que los frutos control fueron los que presentaron mayores cambios



**Figura 1.** Cambios en los parámetros de pérdida de peso (A) y firmeza (B) durante el almacenamiento a 12°C de frutos de papaya tratados hidrotérmicamente (TH), con cloruro de calcio (Ca) o la combinación de ambos (TH-Ca). Barras verticales indican LSD,  $\alpha=0.05$ .

observándose diferencias ( $p \leq 0.05$ ) con el resto de los tratamientos (figura 2A). Un comportamiento similar fue observado por Leyva-López y col (2011) en frutos de papaya observando diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre sus tratamientos TH-Ca (40°C, 1 %) y control. Dichos resultados concuerdan con lo

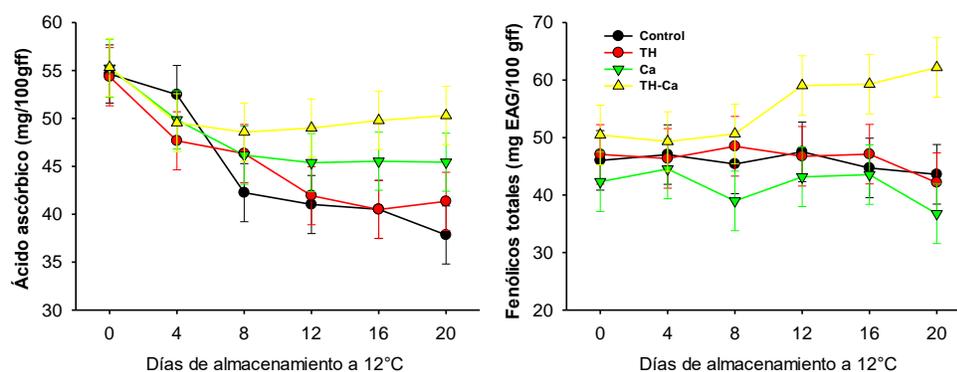
reportado por Albertini y col (2016) en frutos de papaya tratados con Ca (1%) con respecto a los frutos control (Figura 2A). De acuerdo con la figura 2B los valores iniciales de pH estuvieron entre 5.8 y 5.9 para los cuatro tratamientos, estos valores aumentaron hasta obtener un valor entre 6.4 y 6.5 al final del almacenamiento, sin mostrar diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre tratamientos. Dichos resultados coinciden con lo reportado por Leyva-López y col (2011) donde no observaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los frutos de papaya tratados con Ca al 1 y 3% con respecto al control. La acidez titulable no se vio afectada ni por los tratamientos aplicados ni por el tiempo



**Figura 2.** Cambios en luminosidad (A), pH (B), acidez titulable (C) y sólidos solubles totales (D), durante el almacenamiento a 12°C de frutos de papaya tratados hidrotérmicamente (TH), con cloruro de calcio (Ca) o la combinación de ambos (TH-Ca). Barras verticales indican LSD,  $\alpha = 0.05$ .

de almacenamiento ( $p \geq 0,05$ ) (Figura 2C). El mantenimiento de la acidez puede ser debida a un retardo en el proceso de maduración, evitando que los ácidos orgánicos sean usados como sustratos en el proceso de respiración y fuentes de energía (Albertini y col, 2016). Estos resultados coinciden con Shafiee y col (2010) y Sharma y col (2013) debido a que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí en frutos de fresa (TH a 45 °C y Ca 1%) y manzana (Ca 1% y control), respectivamente. Con la maduración, el contenido de sólidos solubles totales tiende a aumentar (Achipiz y col, 2013). Este comportamiento se observó en todos los tratamientos (figura 2D) y puede ser debido por la degradación de los carbohidratos de cadena larga en azúcares simples que pueden ser utilizados como sustrato en reacciones metabólicas (Achipiz y col, 2013). Además, no se mostraron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre tratamientos lo cual coincide con Ayón-Reyna y col, 2015 donde no observaron diferencia ( $p \geq 0,05$ ) entre tratamientos en frutos de papaya mínimamente procesada.

En cuanto a los compuestos bioactivos la concentración inicial de ácido ascórbico fue de 55 mg/100 gramos de fruto fresco (gff) para los diferentes tratamientos, la cual disminuyó conforme avanzó el tiempo de almacenamiento (Figura 3A). Los frutos control fueron los que presentaron mayores pérdidas obteniendo diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) con TH-Ca. Esta retención del ácido ascórbico puede ser el efecto de la combinación de los tratamientos, mejorando la integridad de la pared celular, reduciendo la permeabilidad del tejido, la lixiviación de vitamina C y la inactivación de



**Figura 3.** Cambios en los contenidos de ácido ascórbico (A) y fenólicos totales (B) durante el almacenamiento a 12°C de frutos de papaya tratados hidrotérmicamente (TH), con cloruro de calcio (Ca) o la combinación de ambos (TH-Ca). Barras verticales indican LSD,  $\alpha = 0.05$ .

enzimática de ascorbato peroxidasa (Guiamba y col, 2016). Esto concuerda con lo reportado por Wall (2006) quien reportó un contenido de ácido ascórbico de 50 mg/100 gff en papaya. A su vez, concuerdan con lo reportado por Ayón-Reyna y col (2015) y Shafiee y col (2010) quienes obtuvieron diferencias ( $p \leq 0,05$ ) entre los frutos control y los tratados con la combinación en frutos de papaya mínimamente procesada. Respecto al contenido de fenólicos totales se observó un valor entre 42 y 50 mg EAG/100 gff al día inicial (figura 3B). Lo cual concuerdan con lo reportado por Mahattanatawee y col (2006) quienes reportaron un contenido de 44 mg EAG/100 gff en frutos de papaya. Además, se pudo observar que los frutos tratados con TH, Ca y el control mantuvieron el contenido de fenólicos totales durante el almacenamiento; sin embargo, TH-Ca incrementó en el contenido de fenólicos totales presentando diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) con el resto de los tratamientos. Este incremento pudo ser la respuesta del sistema antioxidante provocando las síntesis de fenólicos y la disminución de la actividad enzimática de polifenoloxidasas debido al estrés que fueron sometidos los frutos (Shahkoomahally y Ramezani, 2015). Similar comportamiento fue observado por Shahkoomahally y Ramezani (2015) y por Sharma y col (2012) quienes observaron un aumento de fenólicos totales en frutos de kiwi tratados con TH-Ca (47°C, 2%) y manzana tratados con TH-Ca (42°C, 1%), respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

Achipiz, S., Castillo, A., Mosquera, S., Hoyos, J., Navia, D. 2013. Effect of starch-based coating on the maturation of guava (*Psidium guajava*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2, 92-100.

- Albertini, S., Lai-Reyes, A., Moreno-Trigo, J., Sarriés, G., Fillet, M. 2016. Effects of chemical treatments on fresh-cut papaya. *Food Chemistry*. 150, 1182-1189.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington DC, USA.
- Aguayo, E., Requejo-Jakman, C., Stanley, R., Woolf, A. 2008. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. *Postharvest Biology and Technology*. 110, 158-165.
- Ayón-Reyna, L., González-Robles, A., Rendón-Maldonado, J., Báez-Flores, M., López-López, M., Vega-García, M. 2017. Application of a hydrothermal-calcium chloride treatment of inhibit postharvest anthracnose development in papaya. *Postharvest Biology and Technology*. 124: 85-90.
- Ayón-Reyna, L., Tamayo-Limón, R., Cárdenas-Torres, F., López-López, M., López-Angulo, G., López-Moreno, H., López-Cervantes, J., López-Valenzuela, J., Vega-García, M., 2015. Effectiveness of hydrothermal-calcium chloride treatment and chitosan on quality retention and microbial growth during storage of fresh-cut papaya. *Journal of food science*. 80. 3.
- Báez, R., Saucedo, C., Pérez, B., Bringas, E., Mendoza, A. 2002. Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación del melón reticulado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4), 375-379.
- Bautista, S., Hernández, M., Bosquez, M., Wilson, C. 2004. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporoides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection* 22(6), 1087-1092.
- Couey, H., Alvarez, A., Nelson, M. 1984. Comparison of hot-water spray and immersion treatments for control of postharvest decay of papaya. *Plant Dis*. 68, 436-437.
- Durust, N., Sumengen, D., Durust, Y. 1997. Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal Agricultural and food chemistry*. 45: 2085-2087.
- Gayosso-García, L., Yahia, E., González-Aguilar, G. 2011. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol). Fruit determined by HPLC-DAD-MS-ESI. *Food Research International* 44(2), 1284-1291.
- Guiamba, I., Ahrné, L., Khan, M., Svanberg, U. 2016. Retention of  $\beta$ -carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing*. 98, 320-326.
- Henríquez, C., González, R., Krarup, C. 2005. Tratamientos térmicos y progresión del daño por enfriamiento y de la pigmentación de tomates en poscosecha. *Ciencia e Investigación Agraria* 32(2), 113-23.
- Khairule, A., Stanley, R., Netzel, M., Fanning, K. 2015. Phytochemicals of papaya and its traditional health and culinary uses-A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41(3), 201-211.
- Leyva-López, N., Heredia, J., Contreras-Angulo, L., Muy-Rangel, M., Campos-Sauceda, J., González-Lizárraga, I. 2011. Calcium salts improve shelf-life and overall acceptability of fresh-cut papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2, 001-015.
- Lurie, S., & Mitcham, E. 2007. Physiological responses of agriculture commodities to heat treatments. En J. Tang, E. Mitcham, S. Wang & S. Lurie. *Heat treatments for postharvest pest control: theory and practice* (págs.79-104). CAB International, United States.
- Núñez, A. 2011. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(5), 644-660.
- Mahattanatawee, K., Manthey, J., Luzio, G., Talcott, S., Goodner, K., Baldwin, E. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 7363-7355.
- Mora-Rochín, S., Gutiérrez-Urbe, J., Serna-Saldivar, S., Sánchez-Peña, P., Reyes-Moreno, C. Milán-Carrilo, J. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*. 34(4), 234-245.
- Santamaría-Basulto, F., Díaz-Plaza, R., Gutiérrez-Alonso, O., Santamaría-Fernández, J., Larqué-Saavedra, A. (2011). Control of two species of *Colletotrichum* causing anthracnose in Maradol papaya fruits. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(5), 631-643.
- Shafiee, M., Taghavi, T., Babalar, M., 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Hortoculturae*. 124, 40-45.

- Sharma, R., Singh, D., Pal, R. 2013. Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of royal delicious apples (*Malus x domestica* Borkh). *American Journal of Plant Science*. 4, 153-159.
- Shahkoomahally, S., Ramezani, A. 2015. Hot water combined with calcium treatment improves physical and physicochemical attributes of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 50, 412–415.
- Torres, L., Silva, M., Guaglianoni, D., Neves, V. 2009. Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. *Food and Nutrition Department*. 14(8), 801-902.
- Wall, M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya* L.) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19, 434-445.
- Zerpa-Catanho, D., Esquivel, P., Mora-Newcomer, E., Sáenz, M., Herrera, R., Jiménez, V. 2017. Transcription analysis of softening-related genes during postharvest of papaya fruit (*Carica papaya* L. Picocí hybrid). *Postharvest Biology and Technology*. 125, 42-51.