

Aplicación de tratamientos hidrotérmico, fungicida y cera sobre el oscurecimiento superficial en guanábana

Arianna López-Velasco¹
Javier De La Cruz-Medina^{1§}
Elizabeth León-García¹
Hugo S. García-Galindo¹
Marcos V. Vázquez-Hernández²

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Veracruz. Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, México. CP. 91850. (ariannalopezvelasco@outlook.com; eliibq@gmail.com; hsgarcia@itver.edu.mx). ²Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Federal Veracruz-Córdoba km 34.5, colonia Centro, Medellín de Bravo, Veracruz, México. CP. 94270. (vazquez.marcos@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: javierdelacruz2004@yahoo.com.mx.

Resumen

La guanábana (*Annona muricata* L.) es una fruta climatérica que posee una vida útil corta (6 a 8 días). Esta característica limita su transporte y comercialización. El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de algunos pretratamientos sobre el oscurecimiento superficial en guanábana. Se evaluó el efecto del tratamiento hidrotérmico a 50 °C durante 20 min, la aplicación del fungicida Azoxystrobin® a 300 mg L⁻¹ y el recubrimiento Semperfresh® (1:20) sobre la respuesta a la maduración y oscurecimiento superficial en frutos de guanábana almacenados a 16 ±2 °C y 25 ±2 °C. Se observó una vida útil de 7 días en los tratamientos almacenadas a 25 ±2 °C y de 9 días para los almacenadas a 16 ±2 °C, comparadas con el testigo que fue de seis días. La combinación de fungicida y el recubrimiento fue la condición que produjo los mejores resultados, debido a que se retardó el oscurecimiento de la cáscara. Los mejores tratamientos que evidenciaron el mayor control frente a las pudriciones y la antracnosis fueron la aplicación del fungicida y el tratamiento hidrotérmico-fungicida con 46 y 38.5% de severidad de pudriciones, respectivamente. La temperatura de 16 ±2 °C fue la mejor en mantener los frutos viables por más tiempo. El tratamiento hidrotérmico causó un oscurecimiento acelerado en la cáscara.

Palabras clave: *Annona muricata* L., antracnosis, Azoxystrobin®, Semperfresh®, vida poscosecha.

Recibido: abril de 2018

Aceptado: junio de 2018

La guanábana (*Annona muricata* L.) es una planta originaria de las regiones tropicales de América (Worrell *et al.*, 1994). El cultivo de la guanábana ha cobrado importancia a nivel nacional e internacional debido a efectos benéficos como antitumoral, citotóxico y antiparasitario (Pinto *et al.*, 2005) y por sus características sensoriales apreciadas por los consumidores. En México, de acuerdo con el SIAP (2017) la guanábana se cultivó en el año 2015 mayormente en los estados de Nayarit, Colima, Michoacán y Guerrero. La producción de guanábana en México en ese mismo año fue de 16 620 t, con un valor superior a 102 000 000 de pesos (SIAP, 2017).

La guanábana es altamente perecedera, debido a que madura rápidamente. Posee una elevada tasa de respiración y producción de etileno. El rápido ablandamiento, y el oscurecimiento de la cáscara propician el ataque de hongos y otros patógenos poco después de la cosecha (Ploetz, 2003; Mayer, 2006; Sunil *et al.*, 2011). Todo lo anterior limita su almacenamiento y comercialización. Los frutos poseen una vida útil máxima de 6 a 8 días después de ser cosechados, y se han reportado pérdidas en post-cosecha por oscurecimiento de la cáscara de alrededor de 30% (Tovar-Gómez *et al.*, 2011). El uso de diferentes tratamientos que ayudan a conservar la calidad, a prolongar la vida poscosecha y a prevenir las pudriciones en frutas y hortalizas incluyen la aplicación de recubrimientos comestibles, combinados con tratamientos hidrotérmicos. En mango esta combinación redujo las tasas de respiración y producción de etileno (Alache *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2004).

En estudios realizados en maracuyá se encontró que el tratamiento hidrotérmico combinado con fungicidas redujo la severidad de las pudriciones. Se tienen reportes de que la aplicación de fungicidas con agua caliente permite utilizar menores dosis del producto, logrando que los residuos en frutos estén dentro de los límites máximos permisibles y con la consecuente reducción de costos de operación (Yang *et al.*, 2011). Hasta el momento son pocos los estudios de tratamientos post-cosecha que existen en frutos de guanábana, por lo que el objetivo general del presente trabajo fue conocer el efecto del tratamiento hidrotérmico, la aplicación de fungicida y de un recubrimiento comestible, sobre el oscurecimiento superficial en guanábana durante su maduración a dos temperaturas de almacenamiento (16 ± 2 °C y 25 ± 2 °C).

Los frutos se cosecharon en etapa de madurez fisiológica, procedentes del municipio de Actopan y fueron donados por el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz del INIFAP, Veracruz. Así, fueron seleccionados y se desecharon aquellos con daños mecánicos, infestación o picadura de insectos. Se dividieron de forma aleatoria en 16 tratamientos en dos temperaturas de almacenamiento: 16 ± 2 °C y 25 ± 2 °C. Estos fueron divididos en grupos para la aplicación de los tratamientos respectivos, de acuerdo con el Cuadro 1. Para el tratamiento hidrotérmico, los frutos fueron sumergidos en agua a 50 °C por 20 min. Posteriormente, el tratamiento con fungicida (300 mg L^{-1} de Azoxystrobin®) se aplicó por aspersion. Finalmente, se aplicó el recubrimiento comestible Semperfresh® por inmersión usando una concentración 1:20 (cera:agua).

Los frutos fueron almacenados en cámaras a 16 ± 2 °C ó 25 ± 2 °C. Se realizaron muestreos cada dos días en los frutos almacenados a 25 ± 2 °C y cada tercer día en los almacenados a 16 ± 2 °C. La unidad experimental fue de 1 fruto y se realizaron tres repeticiones biológicas.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a los frutos de guanábana.

Testigo	
Tratamiento hidrotérmico	TH
Tratamiento fungicida	TF
Tratamiento recubrimiento	TR
Tratamiento hidrotérmico + fungicida	TH+TF
Tratamiento hidrotérmico + recubrimiento	TH+TR
Tratamiento fungicida + recubrimiento	TF+TR
Tratamiento hidrotérmico + fungicida + recubrimiento	TH+TF+TR

Las variables de respuesta fueron: pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), acidez como % de ácido málico, pH y color. La actividad enzimática de la pectinmetilesterasa (PME) se determinó por titulación con el método modificado de Ranganna (1979). La actividad de PME se consideró como los mg de metoxilo liberados por la enzima por gramo de muestra. La actividad enzimática de la polifenoloxidasasa (PFO) se determinó en la cáscara, de la cual se pesaron 4 g y se adicionaron 20 mL de solución extractora (0.8 g de polivinilpirrolidona y 40 mL de buffer de fosfatos 0.1 M a pH 7), se homogeneizó durante tres minutos, se filtró y el extracto se centrifugó a 10 000 rpm durante 20 min a 4 °C. Se midió la absorbancia de cada muestra a 410 nm. La tasa respiratoria y la producción de etileno fueron determinadas por cromatografía de gases. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (versión 9.1, SAS®, Cary, NC).

La velocidad de pérdida de peso aumentó, independientemente de la temperatura de almacenamiento, y fue significativamente menor en los frutos almacenados a 16 ± 2 °C (5-11%) que en los almacenados a 25 ± 2 °C (13-24%). Esto era de esperarse, por efecto de la reducción de todos los procesos fisiológicos que son afectados por la temperatura de almacenamiento. El tratamiento TF+TR, seguido del TR, fueron los que mostraron la menor pérdida de peso respecto a los demás tratamientos. Auxiliadora *et al.* (2004); Tovar-Gómez *et al.* (2011) usaron ceras en combinación con 1-MCP y obtuvieron una disminución de pérdida de peso 23%, comparado con el testigo. La firmeza disminuyó significativamente durante la maduración en las dos temperaturas de almacenamiento. En ambas temperaturas de almacenamiento, el tratamiento hidrotérmico preservó la firmeza por más tiempo. Este efecto fue más evidente en los frutos almacenados a 16 ± 2 °C, donde la firmeza fue mayor hasta por nueve días de almacenamiento, comparado con los seis días en los almacenados a 25 ± 2 °C. No se encontraron diferencias significativas en el resto de los tratamientos. Estos resultados fueron similares a los ensayos en guayabas con tratamiento hidrotérmico de 47 °C por 6 min, almacenadas a 8 y 22 °C, en las que se verificó un retraso en la pérdida de la firmeza de pulpa (Vieira *et al.*, 2008). Esto sugiere que el efecto de los tratamientos hidrotérmicos depende de diferentes factores, como son temperatura, tiempo de exposición y especie, entre otros.

El contenido de sólidos solubles totales se incrementó durante los primeros seis días, independientemente de la temperatura de almacenamiento. La concentración incrementó desde 9.7 hasta 18.83 °Brix a 25 ± 2 °C y a 16.96 °Brix a 16 ± 2 °C, sin encontrarse diferencia significativa entre tratamientos durante la maduración. El incremento en el contenido de sólidos solubles totales se atribuye a la actividad de enzimas que hidrolizan el almidón a carbohidratos más simples durante

la maduración (Kader, 2002). Los tratamientos TR y TF+TR a 16 ± 2 °C y 25 ± 2 °C respectivamente, retardaron la evolución de los sólidos solubles totales. La acidez no se observó afectada por el tratamiento hidrotérmico, fungicida, recubrimiento y las combinaciones ($p \leq 0.05$). El pH disminuyó durante la maduración de los frutos, independientemente de la temperatura de almacenamiento. Los valores pasaron de un valor inicial promedio de 4.6, intermedio de 3.7 y final de 3.1 a 25 ± 2 °C y 16 ± 2 °C, durante el almacenamiento.

La luminosidad se vio afectada por efecto de la temperatura y por los tratamientos. En general, los frutos a 16 ± 2 °C con valores promedio de 41.53 al inicio, 48.76 al intermedio y 46.24 al final del almacenamiento tuvieron valores más altos de luminosidad que los almacenados a 25 ± 2 °C, con valores promedios de 41.53 al inicio, 43.79 al intermedio y 36.73 al final de almacenamiento. El °Hue no mostró diferencias significativas entre ambas temperaturas (25 ± 2 °C y 16 ± 2 °C) y varió de 102 a 90°. En el Cromo cambió de 30.29 a 6.86 a 25 ± 2 °C y de 30.29 a 17.59 a 16 ± 2 °C. Ambas variables disminuyeron durante la maduración debido al oscurecimiento de la epidermis que caracteriza a estos frutos en la senescencia. En este rango se encuentra el cambio de color verde al amarillo hasta llegar al oscurecimiento.

El recubrimiento conservó las características visuales de los frutos. El tratamiento hidrotérmico (TH), sus combinaciones con fungicida (TH+TF) y el fungicida con recubrimiento comestible (TH+TF+TR) produjeron un mayor oscurecimiento, el cual fue similar al que se encontró en los frutos testigo. La elevada temperatura a la cual se aplicó este tratamiento y la temperatura de almacenamiento (25 ± 2 °C) favorecieron el oscurecimiento de la cáscara. Los resultados indican que conforme aumentó la pérdida de peso durante la maduración y senescencia, aumentó el oscurecimiento de la cáscara.

No se encontraron diferencias en la actividad de la PME durante la maduración de los frutos en ambas temperaturas de almacenamiento. La actividad de la PME en la pulpa aumentó durante los primeros días de maduración. En los frutos almacenados a 25 ± 2 °C, la actividad máxima de la PME se encontró a los dos días. En los almacenados a 16 ± 2 °C, el testigo y el tratamiento con recubrimiento comestibles exhibieron la máxima actividad de PME a los seis días, mientras que en los frutos con el tratamiento TH+TF+TR, la máxima actividad se midió a los tres días. Por el contrario, en el resto de los tratamientos esta se retrasó, presentándose a los nueve días de almacenamiento.

El incremento de la actividad de PME coincidió con la formación del pico máximo de producción de etileno, evidenciando que la actividad de la PME es regulada por esta hormona. Los frutos almacenados a 16 ± 2 °C tuvieron en general menor actividad de PFO con respecto a los almacenados a 25 ± 2 °C durante la maduración. Al final de la maduración la actividad fue de 25-38 UAE $g^{-1} min^{-1}$ para los frutos almacenados a 25 ± 2 °C y de 10-18 UAE $g^{-1} min^{-1}$ en los almacenados a 16 ± 2 °C en cáscara. Estudios realizados por Oliveira *et al.* (1994) demostraron que la actividad de la PFO disminuyó con el progreso de la maduración de guanábana.

El patrón de respiración muestra dos picos en ambas temperaturas de almacenamiento. En los frutos almacenados a 25 ± 2 °C, el primer pico de respiración alcanzó valores entre 35 y 67 mL $CO_2 kg^{-1} h^{-1}$ y a 16 ± 2 °C, entre 26 y 47 mL $CO_2 kg^{-1} h^{-1}$ al segundo día después de la cosecha. Esto fue probablemente inducido por el estrés fisiológico provocado por la cosecha, asociado al incremento de carboxilatos como sustratos respiratorios, principalmente el ácido málico (Castillo *et al.*, 2005).

El segundo pico respiratorio sucedió en el sexto día para la temperatura de 25 ± 2 °C con valores de 21 a 40 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ y el noveno día para la temperatura de 16 ± 2 °C entre 29 y 55 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Este último coincidió con un marcado incremento en la producción de etileno, que define un comportamiento climatérico con la producción de elevadas cantidades de CO₂ en comparación con otros frutos climatéricos. Este es un factor determinante para su vida post-cosecha, e indica que el fruto entra en la etapa de la senescencia. Paull (1982) reportó una tasa de respiración máxima de 108 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ durante la maduración de guanábana. Por su parte, Desmond *et al.* (1994) obtuvieron valores de 100 a 350 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 25-30 °C.

La producción de etileno fue menor en los frutos almacenados a 16 ± 2 °C que alcanzaron valores de 9 a 34 µL etileno kg⁻¹ h⁻¹ al finalizar el almacenamiento, comparado con los almacenados a 25 ± 2 °C que alcanzaron valores de 9 a 31 µL kg⁻¹ h⁻¹. El incremento de la producción de etileno fue más notorio en los frutos almacenados a 25 ± 2 °C que en los almacenados a 16 ± 2 °C. Un pequeño pico de producción de etileno se presentó a los dos y tres días de almacenamiento a 25 ± 2 °C y 16 ± 2 °C respectivamente. En el mismo orden, un segundo incremento en la producción de etileno inició a los 6 y 9 días de almacenamiento, cuando se exhibió el segundo aumento del pico climatérico respiratorio, lo que nos lleva a proponer que este aumento es una respuesta que inicia cuando el etileno ha rebasado cierto umbral y está asociado con el proceso de maduración y senescencia de los frutos (Worrell *et al.*, 1994; Kader, 2002).

Diversos estudios en guanábana han reportado actividades respiratorias en donde se localiza el pico de liberación de etileno a partir de cuatro a seis días después de la cosecha, con tasas que van desde 80 hasta 350 µL kg⁻¹ h⁻¹ (Paull, 1982; Worrell *et al.*, 1994).

Los tratamientos TH+TR, TF y TF+TR resultaron en menor incidencia de pudriciones en ambas temperaturas de almacenamiento, al tener 26.7, 33.3 y 36.7% de incidencia. Con respecto a la severidad, los frutos con los tratamientos TH+TF y TF mostraron valores de 38.5 y 46.2% (Cuadro 2). Estos resultados indican que el efecto del fungicida es mayor cuando es combinado con agua caliente.

Cuadro 2. Incidencias y severidad de pudriciones detectadas en la cáscara de guanábana.

Tratamientos	Incidencia (%)	Severidad (%)
Testigo	43.3	92.3
(TH)	46.7	61.5
(TF)	33.3	46.2
(TR)	40	61.5
(TH)+(TF)	43.3	38.5
(TH)+(TR)	26.7	53.8
(TF)+(TR)	36.7	53.8
(TH+TF+TR)	60	84.6

La combinación entre el tratamiento hidrotérmico y la aplicación de fungicidas controlan satisfactoriamente las pudriciones en duraznos (Alahakoon *et al.*, 1994). Aular *et al.* (2001) señalaron que la combinación de estos tratamientos controló satisfactoriamente las pudriciones en la cáscara de maracuyá. Existe un efecto sinergista con el tratamiento hidrotérmico y el fungicida, que resulta útil en el control de hongos fitopatógenos, ya que las esporas de los mismos se

encuentran en forma latente a nivel superficial, o entre las primeras capas de las células por debajo de la piel de los frutos. Sin embargo, la falta de protección residual cuando se aplica el tratamiento hidrotérmico permite la recontaminación por patógenos (Alahakoon *et al.*, 1994). El efecto del tratamiento hidrotérmico (TH) fue similar al que produjo la cubierta comestible (TR).

Todos los tratamientos generaron valores de severidad menores a los del testigo. Resultados similares obtuvieron Alache *et al.* (1998), quienes sometieron frutos de mango en agua a 46 °C por 65 minutos con la aplicación de un recubrimiento comestible, los cuales fueron almacenados a 19.6 °C y 70% HR, donde pudieron observar que se redujo la pérdida de peso y los frutos alcanzaron 21 días de almacenamiento a temperatura ambiente, alargando su vida útil.

Conclusiones

La temperatura de 16 ±2 °C fue adecuada para el almacenamiento de los frutos, ya que permitió que estos maduraran de manera normal y alcanzaran una vida útil de nueve días comparados con el testigo que obtuvo seis días. Los tratamientos con recubrimiento (TR) y la combinación del recubrimiento-fungicida (TR+TF) fueron los mejores. Estos ayudaron a retardar el oscurecimiento en la cáscara del fruto y disminuyeron la pérdida de peso 11% respecto al testigo, pero no retardaron la severidad de pudriciones. Los tratamientos que mostraron mayor control en la severidad de pudriciones y enfermedad de antracnosis fueron aquellos con fungicida (TF) y el tratamiento hidrotérmico-fungicida (TH+TF) con 46 y 38.5%. El tratamiento hidrotérmico causó un oscurecimiento acelerado en la cáscara, ocasionando pérdida de calidad en su apariencia.

Literatura citada

- Alache, J. y Muñoz, C. 1998. Uso de cera en almacenamiento de mangos (*Mangifera indica* L.) cv. Piqueño. IDESA 15(1):15-19.
- Alahakoon, P. W. and Brown, A. E. and Sreenivasaprasad, S. 1994. Cross infection potential of genetic groups of *Colletotrichum gloeosporioides* on tropical fruits. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 44(2):93-103.
- Aular, J.; Ruggiero, C. y Durigan, J. 2001. Efecto de la aplicación de thiabendazole y del tratamiento térmico sobre la poscosecha de la parchita maracuyá. *Bioagro.* 13(2):79-83.
- Auxiliadora, C. L; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C. e Lima, J. R. G. 2004 Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Frutic.* 26(3):433-437.
- Castillo, A. D.; Varela, H. G.; Pérez, S. B. R. y Pelayo, Z. C. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11(1):51-57.
- Desmond, B.; Worrell, C. M.; Carrington, S. and Huber, D. J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Sci. Hortic.* 57:7-15.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd Ed. University of California. Agricultural and Natural Resources. 39-149 pp.
- Kersul, D. S.; Faria, C.; López D. C.; Waldemar, S. e Walter, G. 2003. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Frutic.* 25(2):329-331.

- Mayer, A. M. 2006. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. *Phytochemistry*. 67(21):2318-2331.
- Oliveira, G. S. F. 1994. Estudio de los cambios físico-químicos y fisiológicos de la maduración de chirimoya (*Annona cherimola Mill*). Influencia de la atmósfera controlada. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 221 p.
- Pareek, S., Yahia, E. M., Pareek, O.P. and Kaushik, R.A. 2011. Postharvest physiology and technology of Annona fruits. *Food Research International*. 44(7):1741-1751.
- Paull, R. E. 1982. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata L.*). Fruit in relation to respiration and ethylene production. *J. Hortic. Sci.* 107(1):582-585.
- Pérez, B.; Bringas, E.; Mercado, J.; Saucedo, C.; Cruz, L. y Báez, S. R. 2004. Aplicación de cera comestible en Mango. Parte II: estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial. *Rev. Iberoam. Tec. Postcosecha*. 6(1):24-33.
- Pinto, A. C.; Cordeiro, M. C.; De Andrade, S. R.; Ferreira, F. R.; Filgueiras, H. A.; Alves, R. E. and Kinpara, D. I. 2005. Annona species. Ed. J. T. Williams. International Centre for Underutilised Crops. University of South Hampton, UK. 268 p.
- Ploetz, R. C. 2003. Diseases of atemoya, chirimoya, soursop, sugar apple and related fruit crops *in: Diseases of Tropical Fruits Crops* Edited by Randy C. Ploetz. CABI Publishing 2003-Cambridge, MA. USA. ISBN 0851993907. 21-34 p.
- Ranganna, S. 1979. Manual of analysis of fruit and vegetable products (II reprint) New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited. 634 p.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.gob.mx/siap/>. Producción agrícola de guanábana.
- Tovar-Gómez, B.; Mata-Montes de Oca, M.; García-Galindo, H. S. y Montalvo-González, E. 2011. Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación postcosecha de guanábana. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1):53-61.
- Vieira, S. M. J.; Couto, S. M.; Corrêa, P. C.; Dos Santos, A. E. O.; Cecom, P. R. e da Silva, D. J. P. 2008. Características físicas de goiabas (*Psidium guajava L.*) submetidas a tratamento hidrotérmico. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 12(4):408-414.
- Worrell, D. B.; Carrington, C. M. S. and Huber, D. J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata L.*). *Sci. Hortic.* 57(1-2):7-15.
- Zhao, Y.; Kang, S.; Zhou, L.I.; Luo, J.; Pan, C. 2013. Decay and residue dynamics of 25% Prochloraz EC in Mandarin orange by simulating postharvest treatment at different storage temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*. 37(5):496-502.