



REVISTA CHAPINGO SERIE  
HORTICULTURA

ISSN: 1027-152X

revistahorticultura29@gmail.com

Universidad Autónoma Chapingo  
México

Ariza-Flores, R.; Yahia Kazuz, E. M.; Vázquez-García, E.; Barrios-Ayala, A.; Garrido-Ramírez, E. R.;  
Michel-Aceves, A. C.; Otero-Sánchez, M. A.; Alia-Tejacal, I.

CONTROL DE *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) Y CALIDAD DE LOS FRUTOS DE ZAPOTE  
MAMEY *Pouteria sapota* (Jacq) Moore & Stearn TRATADOS CON AIRE CALIENTE FORZADO

REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA, vol. 15, núm. 1, enero-abril, 2009, pp. 9-15

Universidad Autónoma Chapingo  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60913518003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

**CONTROL DE *Anastrepha serpentina* (Wiedemann)  
Y CALIDAD DE LOS FRUTOS  
DE ZAPOTE MAMEY  
*Pouteria sapota* (Jacq)  
Moore & Stearn TRATADOS  
CON AIRE CALIENTE FORZADO**

**R. Ariza-Flores<sup>1</sup>; E. M. Yahia Kazuz<sup>2</sup>;  
E. Vázquez-García<sup>1</sup>; A. Barrios-Ayala<sup>1</sup>;  
E. R. Garrido-Ramírez<sup>1</sup>; A. C. Michel-Aceves<sup>3</sup>;  
M. A. Otero-Sánchez<sup>3</sup>; I. Alia-Tejacal<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,  
Av. Rufo Figueroa s/n, Col. Burócratas,  
Chilpancingo, Guerrero, C. P. 39090. MÉXICO.  
Correo-e: arizafr77@hotmail.com (<sup>1</sup>Autor responsable).

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, MÉXICO.

<sup>3</sup>Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero,  
Iguala, Guerrero, MÉXICO.

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Morelos,  
Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, MÉXICO.

**RESUMEN**

Los objetivos de este estudio fue evaluar la efectividad de tratamientos térmicos con aire caliente forzado húmedo en el combate de la mosca de los zapotes (*Anastrepha serpentina* Wiedemann) "in vivo" y determinar la tolerancia a las condiciones aplicadas de frutos de zapote mamey. Los frutos no fueron dañados internamente por el tratamiento térmico cuando fueron expuestos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup>. Los frutos alcanzaron su madurez de consumo a los ocho días a 25 °C, presentaron cambios rápidamente en color y perdieron más peso; mientras que, a 10 °C se mantuvieron con mayor firmeza, prolongaron su vida de anaquel y mostraron mayores daños en los haces vasculares. Con respecto a la mortandad de los huevos y larvas de mosca de la fruta *A. serpentina*, éstas fueron del 100 % con la atmósfera controlada (CA) de aire caliente a 43 °C·120 min<sup>-1</sup>, igualmente los frutos no fueron dañados por la aplicación de la CA; las larvas murieron fácilmente por el calor a 40 °C·120 min<sup>-1</sup>, mientras que los huevos fueron más resistentes ya que ocurrieron larvas emergidas a 25 °C para los ocho días de almacenados.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** mosca de la fruta de los zapotes, aire caliente forzado húmedo, atmósfera controlada, madurez de frutos y vida de anaquel.

**CONTROL OF *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) AND QUALITY OF ZAPOTE MAMEY  
*Pouteria sapota* (Jacq) Moore & Stearn FRUITS TREATED WITH VAPOR HEAT**

**ABSTRACT**

The objectives of this study were to evaluate thermal treatments of vapor heat in the control of *Anastrepha serpentina* on zapote and to determine tolerance of zapote mamey fruits to the treatments. The fruits not were damaged internally by the heat treatment when exposed to 43 °C·120 min<sup>-1</sup>. The fruits reached eating ripeness in 8 days at 25 °C, with rapid changes in the pulp color and weight loss. In contrast, at 10 °C they maintained greater firmness and prolonged shelf life, but exhibited greater damage in the vascular bundles. Mortality of the fruit fly eggs and larvae was 100 % with controlled atmosphere vapor heat treatment at 43 °C·120 min<sup>-1</sup>. Fruits not were damaged by the application vapor heat; larvae were easily killed by the CA at 40 °C·120 min<sup>-1</sup>, but eggs were more resistant and hatched at 25 °C after the 8 days of storage.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** fly fruits of zapote, moist hot air treatments, controlled atmosphere, maturity fruits and shelf life.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo y la producción del zapote mamey (*Pouteria sapota* H. E. Moore & Stearn) en México, se ha extendido en los estados de Guerrero, Tabasco, Chiapas, Veracruz y Morelos, México (SAGARPA, 2006); es originario de las tierras bajas del sur de México y América Central. Sin embargo, la producción se ha visto afectada por una corta vida de anaquel, daños por frío y ataque de plaga. Entre esta última está la mosca de los zapotes *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), que ocasiona una reducción de calidad de los frutos y causa pérdidas hasta del 80 % de la producción (Hernández-Ortiz, 1992). Esta plaga ha sido cuarentenada por los países importadores de frutos, así como de los estados de la República que se encuentran libres del insecto.

Para el control de plagas o enfermedades en alimentos frescos se han desarrollado tratamientos cuarentenarios, que contemplan la aplicación de fumigantes, pesticidas, irradiación, almacenamiento en frío o bajas temperaturas, inmersión en agua caliente, aire caliente, atmósferas controladas y la combinación de estos tratamientos (Rahman *et al.*, 1990; Ke y Kader, 1992).

Por otro lado se ha mostrado que el control de insectos puede realizarse con tratamientos térmicos, que incluyen inmersión en agua caliente y exposición a vapor y aire forzado a alta temperatura (Paull, 1994; Lurie, 1998). El agua caliente fue usada originalmente para el control de hongos, pero se ha extendido en el control de insectos. El uso de agua caliente a 46.1 °C por un tiempo de 65, 75 o 90 minutos se está usando en mango (Jacobi *et al.*, 1995). Sin embargo, esta tecnología es costosa y requiere de mucho espacio; para la mosca de los zapotes *Anastrepha serpentina* (Weidemann) se determinó la aplicación térmica de 46.1 °C por 60 minutos en mango 'Kesington' (Jacobi *et al.*, 1995).

El vapor caliente es un método cuarentenario de calentamiento del fruto con el vapor de agua a temperaturas que varían de 40 a 50 °C, para matar los huevos y larvas de varios insectos (Shellie y Magan, 1994); que de manera comercial opera en varios países, principalmente para uso en frutos tropicales (Paull, 1994). Esta tecnología se puede aplicar en combinación con otras técnicas de control de insectos en postcosecha, la cual será una gran opción en el combate de moscas de la fruta. El vapor caliente fue desarrollado específicamente en el control de insectos; mientras que, el aire caliente se ha usado en ambas formas y para estudiar la respuesta de los productos a altas temperaturas (Lurie, 1998).

Un tratamiento cuarentenario con aire forzado a temperatura alta se aplica para matar a la mosca de la fruta del Mediterráneo, mosca del melón y mosca de la fruta oriental en papayas (Hansen *et al.*, 1990). El 100 % de la mortalidad de *Anastrepha ludens* y *A. obliqua* en mango 'Manila' con aire caliente forzado y al 50 % de HR, se

alcanzó a 48 °C·220 min<sup>-1</sup> para larvas de tercer estadio; mientras que, el 100 % de mortalidad de los huevos se logró a 52 °C·220 min<sup>-1</sup> para *A. ludens* y a 55 °C·240 min<sup>-1</sup> para *A. obliqua* (Yahia y Ortega-Zaleta, 2000). El potencial del tratamiento con aire caliente poco se ha explorado, ya que existe el concepto de que afecta la fisiología de los frutos, sin embargo su uso previene la invasión de los hongos y funcionaría para controlar a los insectos; además, el uso se justifica en combinación con otros tratamientos y los hacen eficientemente rentables.

No todas las especies de frutos pueden tolerar la aplicación de aire caliente forzado, por lo que es necesario conocer las bases de sensibilidad y tolerancia de los frutos a estas atmósferas. Estos tratamientos pueden contribuir en la seguridad de los consumidores y servirán como tratamiento alternativo. Las primeras aplicaciones con aire caliente forzado se hicieron en frutos de papaya infestados con larvas de moscas de la fruta a 47.2 °C por dos horas (Armstrong *et al.*, 1989); con larvas de mosca de la fruta del Caribe en frutos de carambola a 47.2 °C (Sharp y Hallman, 1992) y en toronja a 48 °C por tres horas (Sharp, 1993), lograron matar a las larvas pero dañaron la calidad de los frutos.

El trabajo consistió en determinar la tolerancia de los frutos de sapote mamey a la aplicación de aire caliente forzado húmedo a diferentes tiempos de exposición; así como, determinar el tratamiento óptimo para alcanzar una mortandad de huevos y larvas de la mosca de la fruta de los zapotes *Anastrepha serpentina* 'in vivo'.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos se obtuvieron de las cosechas de los meses de marzo a julio del estado de Guerrero, México; cosechados en la etapa de madurez fisiológica y fueron trasladados al laboratorio de fisiología y bioquímica en postcosecha de frutos del DIPA-UAQ. El trabajo se realizó en dos etapas: 1) determinación de la tolerancia y calidad de los frutos a la aplicación de aire caliente forzado; y, 2) efectividad del aire caliente forzado en la mortandad de las larvas de la mosca de la fruta *A. serpentina* 'in vivo'.

### Tolerancia de los frutos al aire caliente forzado

Los tratamientos y tiempos de exposición aplicados en los 172 frutos fueron diferentes para la tolerancia al calor, éstos quedaron conformados en: 1) 43 °C·120 min<sup>-1</sup>; 2) lotes similares conformaron a los testigos sin aplicación (control), aplicados en 172 frutos, respectivamente. De cada uno de los lotes expuestos a aire caliente forzado se formaron cuatro sublotos de 43 frutos, de los cuales dos fueron almacenados por 15 días a 10 °C y otros dos a 25 ± 2 °C; de igual manera, se realizó para los frutos del testigo, respectivamente. Las muestras de los frutos tomadas fueron de 43 frutos por tratamiento, que fueron evaluadas a los 8 y 15 días después del almacenamiento.

Las variables respuesta fueron: apariencia general; pérdida de peso (%), los frutos fueron pesados en una báscula digital, para el inicio (Pi) y en cada uno de los muestreos (Pf), mismo que se obtuvo por diferencia de peso y multiplicado por 100; daños internos en el mesocarpio a la escala de 1 a 5 (1 = sin daños; 2 = 1-10 % de oscurecimiento en los haces vasculares y pulpa; 3 = 11 a 25 % del oscurecimiento en los haces vasculares y pulpa poco oscura; 4 = 26 a 40 % del oscurecimiento de los haces vasculares y pulpa con 5 % de daños por hongos; y, 5 =  $\geq 41$  %, de oscurecimiento de los haces vasculares y con más del 5 % infectada con hongos en la pulpa); color del mesocarpio (pulpa) medido por triplicado con el Hunter Lab (Minolta, mod. CM-2002), donde se tomaron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Cromo ( $C^*$ ) y ángulo de hue ( $h^*$ ), para esto fue removido un  $cm^2$  de la cáscara; la firmeza del mesocarpio de los frutos fueron medidas en Newtons (N) y obtenidas por triplicado con un texturómetro Instron Universal (mod. TA-XT2), con el puntal de 4 mm de diámetro y a 8 mm de profundidad en la pulpa; maduración de los frutos evaluados al tacto en la escala de 1 a 5 (1 = muy duro, 2 = duro, moderadamente duro, 4 = blando, y 5 = muy blando). En las determinaciones de la firmeza y color se removieron ligeramente 3  $cm^2$  de pericarpio (cáscara) en tres partes de cada fruto.

### Mortandad de la larva de la mosca de los zapotes

Se formaron cuatro lotes de 84 frutos, divididos en dos sublotos de 42 frutos, respectivamente. Los tratamientos consistieron en la aplicación de aire caliente forzado a: 1)  $40\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$ , 2)  $40\text{ }^\circ\text{C}\cdot 150\text{ min}^{-1}$ , 3)  $43\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$ , y 4) el testigo o control. Posteriormente, los frutos fueron almacenados por ocho días a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Los sublotos fueron analizados a los 0 y 8 días después del tratamiento y almacenamiento. En los frutos fueron cuantificados el número de larvas vivas (LV), el número de larvas muertas (LM) y el número de larvas totales (LT). Los resultados se expresaron en porcentajes y se sometieron a una prueba de Chi-cuadrada ( $X^2$ ).

### Análisis estadístico

Los resultados de las variables de calidad fueron analizados estadísticamente mediante las pruebas de análisis de la varianza del diseño experimental completamente al azar, de comparación de medias de Tukey ( $P\leq 0.05$ ) y representados en figuras con los valores medios y barras presentando al error estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

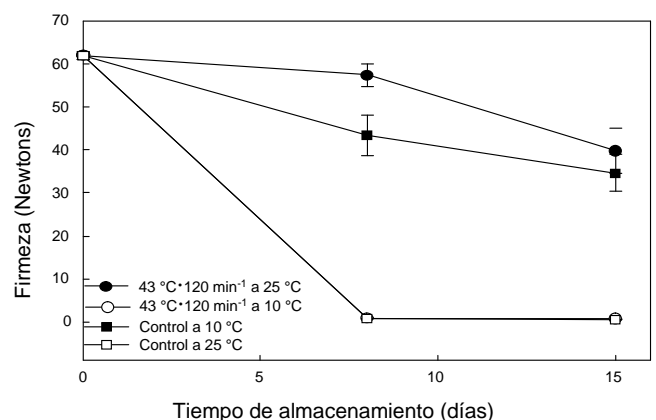
**a. Firmeza del mesocarpio.** Los sistemas de almacenamiento entre los  $10$  y  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y los tratamientos, mostraron efectos diferenciados en la firmeza de los frutos con Tukey ( $P\leq 0.05$ ). Ésta cambió drásticamente en los tratamientos que se mantuvieron a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , ya que de 61 N que presentaron los frutos en el inicio, disminuyeron a 20 N

en el octavo día de almacenamiento y casi fue de 0 N a los 15 (Figura 1).

Los frutos almacenados a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  no mostraron cambios en la firmeza, ya que se mantuvo en 60 y 45 N durante los 8 y 15 de almacenamiento; que fueron más altos en los frutos tratados a  $43\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$ , con respecto al testigo que disminuyó más rápido. En los frutos almacenados a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  de  $43\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$  y del testigo coincidieron en la tendencia de disminución de la firmeza del mesocarpio.

Las altas temperaturas y los períodos largos de exposición al aire caliente, favorecen la firmeza de los frutos; los resultados coinciden con los reportados en mango 'Manila' por Yahia y Ortega (2000). Los tratamientos térmicos ayudan a prolongar el período de vida en anaquel de los frutos cosechados en madurez fisiológica, así como en todos aquellos que se encontraron en la madurez de consumo. En los frutos expuestos a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  ocurren procesos de ablandamiento rápidos (8 días), por los acelerados cambios que se presentan en la síntesis de las enzimas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa en la pared celular (Brownleader *et al.*, 1999). Igualmente, ocurre un efecto de los tratamientos térmicos en el endurecimiento de la pared celular, resultando como alternativa en la prolongación de la vida en anaquel (Yahia y Ariza-Flores, 2001).

**b. Pérdidas de peso.** Los frutos almacenados a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  mostraron una pérdida de peso menor al 5 % durante 15 días. Hubo diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento (Tukey,  $P\leq 0.05$ ). En los frutos almacenados a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  fueron altas, de 8 a 10 % para los 8 días y aumentaron al doble a los 15 días de almacenamiento, sin embargo, se manifestó mayor pérdida de peso a  $43\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$  y fueron ligeramente bajas en los frutos del testigo (Figura 2); por lo que, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  no mostraron diferencias estadísticas.

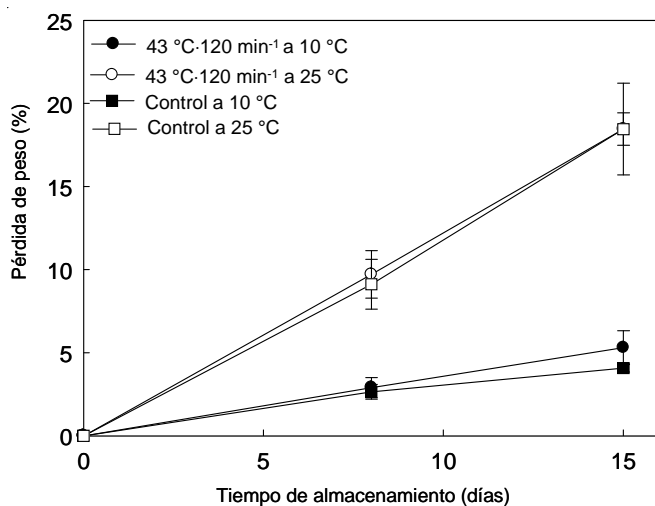


**FIGURA 1.** Firmeza en Newtons (N) del mesocarpio de los frutos de zapote mamey, expuestos en atmósferas controladas con aire caliente forzado  $43\text{ }^\circ\text{C}\cdot 120\text{ min}^{-1}$  y almacenados a  $10$  y  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. Los valores medios están en los puntos de las líneas y las barras presentan el error estándar.

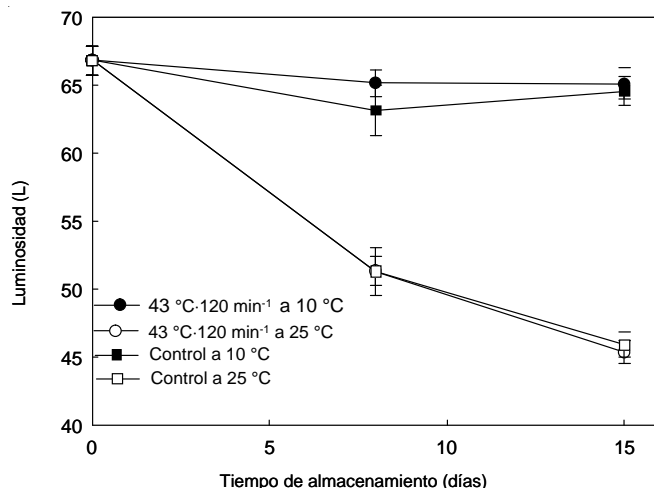
Sin embargo, al inicio, ésta fue mayor en los frutos con aire caliente forzado; los resultados de los frutos del testigo mostraron incrementos al final del almacenamiento. La pérdida de agua fue mayor en los frutos almacenados a 25 °C (temperatura del ambiente) entre el 8 y 10 %, debido a que presentaron una mayor transpiración y apertura de las lenticelas (Díaz *et al.*, 2000) o condensación del agua (Yahia y Ariza-Flores, 2001); los frutos mantenidos a 10 °C presentaron menores pérdidas de agua y además, se favorecieron en la vida del anaquel.

**c. Color del mesocarpio.** Los frutos en el mesocarpio mostraron cambios en la luminosidad ( $L^*$ ), croma ( $C^*$ ) y ángulo de matiz o hue angle ( $h^*$ ) y hubo diferencias estadísticas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) bien marcadas en ambas temperaturas de almacenamiento. En  $L^*$  disminuyó para los frutos almacenados a 25 °C (67 a 45) y éstos se observaron a casi el doble (45) con respecto al valor inicial (Figura 3). Sin embargo, los frutos mantenidos a 10 °C, los cambios en la luminosidad fueron mínimos y sobre todo a 43 °C·120 min<sup>-1</sup>; estos cambios se mostraron más en los frutos del testigo. Por lo tanto, se demostraron efectos por el tipo de sistema de almacenamiento.

Los frutos almacenados a 25 °C disminuyeron en su cromaticidad ( $C^*$ ) y fue más drástico en los testigos (37 a 18), sin embargo, los comportamientos fueron menores en los tratamientos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> en ambos sistemas de almacenamiento (Figura 4). Mientras que, los frutos almacenados a 10 °C no mostraron cambios de cromaticidad y la variación entre tratamientos fue baja. Los resultados se mostraron siempre positivos y los cambios fueron mayores a los 15 días de almacenamiento. Las tendencias



**FIGURA 2.** Pérdida de peso (% PP) de los frutos de zapote mamey, con aplicación de aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados a dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. Las líneas de la figura presenta a los tratamientos con los puntos de los valores promedios y las barras verticales indican los errores del estándar.



**FIGURA 3.** Comportamiento de la luminosidad ( $L^*$ ) del color del mesocarpio de los frutos de zapote mamey, tratados con aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados bajo dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. La figura presenta a los puntos de las líneas con los promedios y barras verticales muestran el error estándar.

de los valores de  $C^*$  son semejantes a los reportados por Díaz-Pérez *et al.* (2000), en madurez de consumo. La coloración del mesocarpio cambia de claros a naranja o café oscuro debido a que disminuye la síntesis de carotenoides, cuando se oscurece favorece a la síntesis de compuestos fenólicos, principalmente por  $\beta$ -caroteno (Morales, 1983; Díaz *et al.*, 2000).

Los frutos almacenados a 25 °C disminuyeron en su ángulo de matiz ( $h^*$ ) y fueron contrastantes en los testigos; mientras que, estos cambios fueron menores en los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> a 10 y 25 °C (Figura 5), por lo que, los frutos fueron menos afectados. Los resultados se mostraron siempre positivos y los cambios fueron mayores a los 15 días de almacenamiento. Existen diferencias entre tratamientos por efectos de la aplicación del aire caliente forzado en los frutos, comparado con los frutos de testigos. Las tendencias de los valores de  $h^*$  son semejantes a los reportados por Díaz-Pérez *et al.* (2000).

**e. Daños en el mesocarpio.** El mesocarpio de frutos tratados a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> presentó menos daños (Figura 6); los frutos del testigo siempre se mostraron con daños. Los daños se presentaron en los haces vasculares con una coloración muy oscura y con ligeras pudriciones por hongos, los cuales afectaron la calidad de la pulpa; porque se mostraron más oscuros y mohos blancos por *Pestalotia* spp. (Díaz-Pérez *et al.*, 2000), que se debieron a los efectos combinados de la alta temperatura con el tratamiento térmico. Los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> no se vieron afectados entre la parte que conforma el epicarpio y mesocarpio, no se formaron huecos, no se pusieron muy duros y maduraron regularmente; sin embargo, en los frutos del testigo si ocurrieron estos



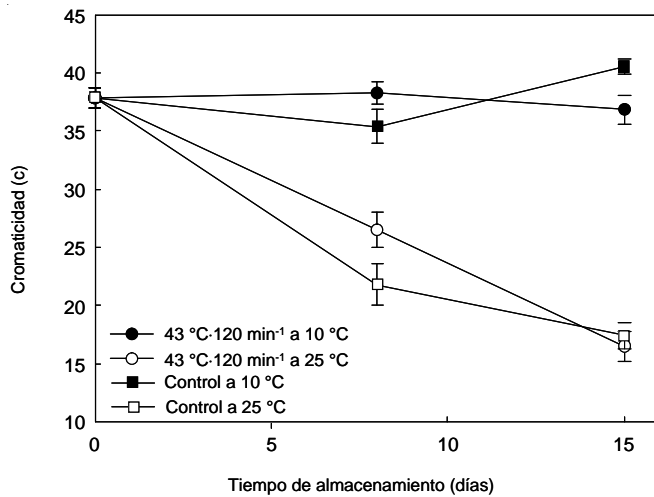


FIGURA 4. Comportamiento de Croma (C\*) del color del mesocarpio de los frutos de sapote mamey, tratados con aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados bajo dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. La figura presenta a los puntos de las líneas con los promedios y las barras verticales muestran el error estándar.

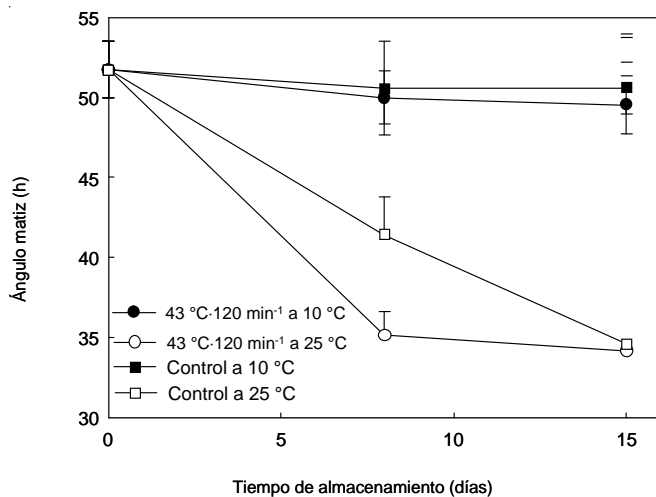


FIGURA 5. Ángulo de matiz (h\*) del color del mesocarpio de los frutos de zapote mamey, tratados con aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados bajo dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. La figura presenta a los puntos de las líneas con los promedios y las barras verticales muestran el error estándar.

cambios fisiológicos. Los frutos dañados del testigo desprenden un olor fétido por bacterias. Los frutos del tratamiento a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> se mostraron sin daños y por consiguiente no fue afectada la pulpa durante el periodo de almacenamiento, por lo que se considera como el mejor tratamiento que toleran fácilmente los frutos de zapote mamey.

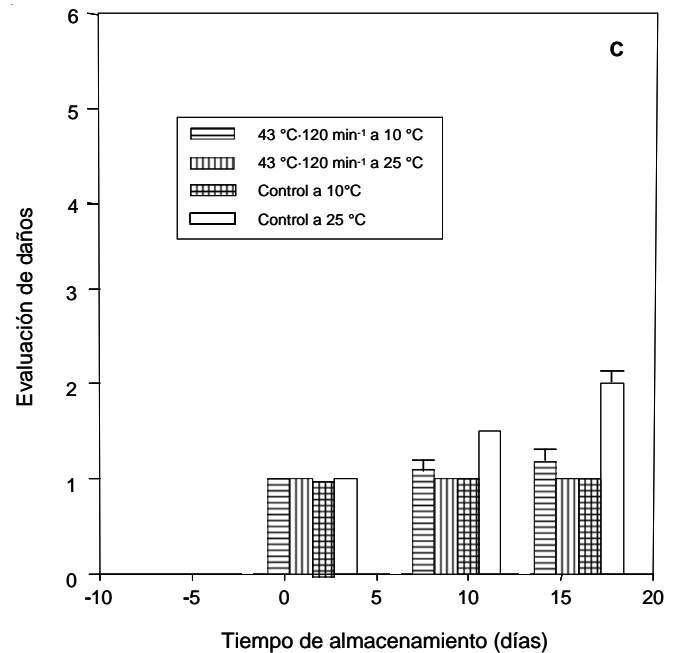
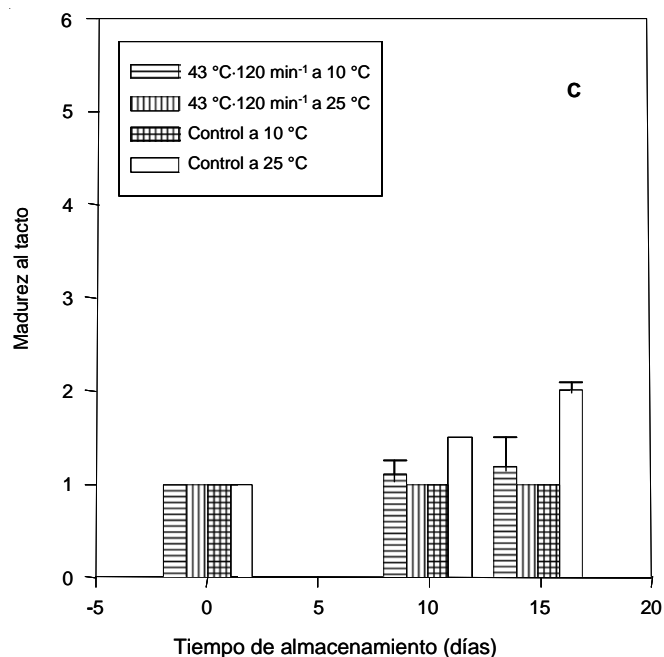


FIGURA 6. Daños en los haces vasculares del mesocarpio de los frutos de zapote mamey, tratados con aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados bajo dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. La figura presenta a los puntos de las líneas con los promedios y las barras verticales muestran al error estándar.

**f. Madurez o ablandamiento al tacto.** Este se relaciona con la firmeza. Los frutos a 25 °C se mostraron más blandos en su textura o maduros, que los frutos mantenidos a 10 °C de los diferentes tratamientos; sin embargo, se observa que los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> maduraron menos rápido. Por lo tanto, hay efectos de los tratamientos térmicos, ya que afectan la textura de los frutos (Figura 7). Los cambios en la madurez se empezaron a apreciar a los 8 d del almacenamiento y fue más acelerada en los frutos del testigo, siendo todavía muy blandos a los 15 d de almacenados a 25 °C. Sin embargo, los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y el testigo a 10 °C no sufrieron cambios en la madurez. El ablandamiento de los frutos se debió a la síntesis de las enzimas poligalacturonasa y celulasa en la pared celular, por lo que se acelera el proceso de maduración y senescencia (Brownleader *et al.*, 1999; Arenas *et al.*, 2001). Los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> se vieron afectados, por lo que se pusieron ligeramente blandos y maduraron regularmente, al igual que el testigo; ya que, los frutos toleran a las altas temperaturas y sin agobio o sin daños (Yahia, 1998). Los frutos de zapote mamey maduran fácilmente después de la cosecha (Arenas *et al.*, 2001).

**g. Mortandad de larvas de mosca de la fruta 'in vivo'.** Las larvas de la especie son muy susceptibles a la aplicación de aire caliente. Con la aplicación del aire a 40 °C·120 min<sup>-1</sup> y 150 min<sup>-1</sup> se mueren fácilmente, ya que de 34 y 28 larvas presentes murieron el 100 %, mientras que



**FIGURA 7.** Evolución de la maduración al tacto de los frutos de zapote mamey, tratados con aire caliente forzado a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y almacenados bajo dos temperaturas, analizados a los 8 y 15 días después del almacenamiento. La figura presenta a los puntos de las líneas con los promedios y las barras verticales muestran el error estándar.

en el testigo fueron encontradas el 100 % de las larvas vivas; esto se observó inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos térmicos. A los ocho días se observaron a 46 (92 %) de larvas vivas y cuatro (8 %) de las larvas muertas del tercer instar en el tratamiento a 40 °C·150 min<sup>-1</sup>; con los tratamientos de 40 °C·120 min<sup>-1</sup> y el control no se observaron larvas (Cuadro 1). Con esto se demostró que el tratamiento a 40 °C no elimina totalmente el potencial de desarrollo de huevos y larvas de la mosca de los zapotes (*A. serpentina*).

En los frutos expuestos al aire caliente forzado de 43 °C·120 min<sup>-1</sup> se encontraron el 30 % de los frutos infestados con 15 larvas y el 100 % de larvas muertas, cuando fueron evaluados después del tratamiento térmico a cero días; pero a los ocho días de almacenados, se registraron el 25 % de los frutos infestados y hubo un 100 % de larvas muertas (Cuadro 1). Por lo tanto, con este tratamiento se obtiene el total de mortandad de huevos y larvas de mosca de la fruta en zapote mamey. En los testigos se registraron el 100 % de larvas vivas. Hubo diferencias estadísticas entre fechas de muestreo con la prueba de X<sup>2</sup> cuadrada, para la mortandad de las larvas y se asegura a 43 °C·120 min<sup>-1</sup>, como el tratamiento favorable para combatir al huevo y larvas de la mosca de la fruta de los zapotes.

El ciclo de vida del insecto es de 15 días desde huevo hasta adulto a 25 °C, sin embargo, este puede cambiar en función del período de incubación y los cambios de temperatura (Carballo y Coto, 1999). La *A. serpentina* ataca a otras especies de frutos de la Familia Sapotaceae, entre las que destacan el níspero, caimito y chicozapote. Por lo tanto, estos resultados se pueden extrapolar o adecuar a estas especies de frutales.

## CONCLUSIONES

Los frutos tratados a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> no presentaron daños en la calidad de la pulpa, por lo que este tratamiento no afectó a los frutos tratados y que mantienen la calidad y mayor vida en anaquel, sobre todo en estos frutos almacenados a 10 °C. Los mayores cambios de los frutos fueron en la pérdida de peso, firmeza y color y se presentaron en los frutos a 43 °C·120 min<sup>-1</sup> y del testigo almacenado a 25 °C. Las larvas de la mosca de la fruta *A. serpentina*, se vieron afectadas por la aplicación del aire caliente forzado, por lo tanto la mortandad del 100 % de los huevos y larvas se lograron a 43 °C·120 min<sup>-1</sup>, por lo que se sugiere como una tecnología favorable para aplicarse en los frutos de zapote mamey; mientras que, los testigos presentaron todas las larvas vivas.

**CUADRO 1.** Números de larvas muertas (LM), larvas vivas (LV) y total de larvas (LT) de *A. serpentina* en frutos de zapote mamey, en CA de aire caliente a 43 y 40 °C en dos tiempos de exposición.

Días	Tratamiento*	LV		LM		LT Núm.
		Núm.	%	Núm.	%**	
0**	40°C·120 min	0	0	34	100	34
	40°C·150 min	0	0	28	100	28
	43 °C·120 min <sup>-1</sup>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>15</b>
	testigo	20	100	0	0	20
8**	40°C·120 min	18	94.7	1	5.3	19
	40°C·150 min	46	92	4	8	50
	43 °C·120 min <sup>-1</sup>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>
	<b>testigo</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>

\*42 frutos evaluados por tratamiento.

\*\*Prueba de X<sup>2</sup> Cuadrada con diferencias entre fechas de muestreo y mortandad de larvas de la mosca de fruta de los zapotes.

## LITERATURA CITADA

- ARMSTRONG, J. W.; HANSEN, J. D.; HU, B.; BROWN, S. A. 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with Tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 82: 1667-1674.
- ARENAS, O. M. L.; EVANGELISTA, S. L.; DÁVILA, O. S.; ARANA, A. A.; JIMÉNEZ, A.; MARTÍNEZ, V. R. 2001. Actividad de la pectinmetilesterasa y poligalacturonasa relacionadas con el ablandamiento del mamey *Pouteria sapota*. *Memoria Horticultura Mexicana*, 8(3): 192.
- BROWNLEADER, P.; JACKSON, A.; MOBASHERI, A.; PANTELIDES, A. T.; SUMAR, M.; TREVAN, M.; PEY, R. D. 1999. Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, 39: 149-164.
- CARBALLO, V. M.; COTO, A. D. 1999. Tolerancia de germoplasma de sapotáceas a *Conotrachelus* sp y otros insectos. *Rev. Manejo Integrado de Plagas*, 52: 1-7.
- DÍAZ, P. J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 67-73.
- HANSEN, J. D.; ARMSTRONG, J. W.; HU, B. K. S.; BROWN, S. A. 1990. Thermal death of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) third instars in developing quarantine treatments for papayas. *J. Econ. Entomol.* 83: 160-167.
- HERNÁNDEZ, O. V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae): taxonomía, distribución y sus huéspedes. Instituto de Ecología, Sociedad Mexicana de Entomología. Xalapa, Ver., México. p. 162.
- JACOBI, K. K.; GILES, J. E.; RAE, A. C.; WEGRZYN, T. 1995. Conditioning 'Kensington' mango with hot air alleviates hot water disinfestations injuries. *HortScience* 30: 562-565.
- KE, D.; KADER, A. A. 1992. Potential of controlled atmospheres for postharvest insect desinfestation of fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 3(2): 31N-37N.
- LURIE, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 257-269.
- PAULL, R. E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect desinfestation treatments. *HortScience* 29: 988-996.
- RAHMAN, R.; RIGNEY, C.; BUSCH-PETERSEN, E. 1990. Irradiation as a quarantine treatment against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Anatomical and cytogenetic changes in marute larvae after gamma irradiation. *J. Econ. Entomol.* 83: 1449-1454.
- SAGARPA. 2006. Sistema de información agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. 216 p.
- SHARP, J. L. 1993. Hot-air quarantine treatment for 'Marsh' white grapefruit infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 86: 462-464.
- SHARP, J. L.; HALLMAN, G. H. 1992. Hot-air quarantine treatment for carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 168-171.
- SHELLIE, K. C.; MANGAN, R. L. 1994. Postharvest quality of 'Valencia' orange after exposure to hot, moist forced air for fruit fly desinfestation. *HortScience* 29: 1524-1527.
- YAHIA, E. M. 1998. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Rev.* 22: 123-183.
- YAHIA, E. M.; ORTEGA-ZALETA, D. 2000. Mortality of eggs and third instar larvae of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* with insecticidal controlled atmospheres at high temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 295-302.
- YAHIA, E. M.; ARIZA-FLORES, R. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza. *Rev. Horticultura, Extra*: 80-89, 153.