

EFECTO DEL METIL JASMONATO EN LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE GUAYABA (*Psidium guajava*) ALMACENADA A BAJAS TEMPERATURAS

G. A. González-Aguilar¹; R. Zavaleta-Gatica;

M. E. Tiznado-Hernández

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

Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal,

Carretera a la Victoria Km. 0.6 Apartado Postal 1735.

Hermosillo, Sonora. C. P. 83000. MÉXICO. Fax: +52-662-280 04 22.

Phone: +52-662-289 24 00 ext 272.

Correo-e: gustavo@cascabel.ciad.mx (¹Autor responsable)

RESUMEN

La guayaba es un fruto muy susceptible y desarrolla síntomas de daño por frío a temperaturas menores o iguales a 5 °C, lo cual reduce la calidad y la vida postcosecha del producto. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del metil jasmonato (MJ) durante el almacenamiento a bajas temperaturas, sobre la calidad de dos cultivares de guayaba. Frutos de guayaba de los cultivares hawaiana roja (HR) y hawaiana blanca (HB) fueron tratados con concentraciones de 0, 10⁻⁴ M y 10⁻⁵ M de MJ, previo a un almacenamiento a 5 °C por 15 d. Cada cinco días, se transfirieron 15 frutos a 25 °C por 2 d para evaluar el comportamiento durante la vida de anaquel. Además, se evaluó la producción de etileno (PE) y velocidad de respiración (VR). Asimismo, la calidad del fruto fue evaluada determinando porcentaje de pérdida de peso (PP), porcentaje de acidez titulable (AT), pH, sólidos solubles totales (SST), ángulo de matiz (AM), firmeza (F) y apariencia general (AG). El tratamiento con MJ no modificó PP, F, PE, VR, AT, pH y SST. Sin embargo, el MJ redujo los cambios en AM y AG en ambos cultivares durante los 15 días de almacenamiento con respecto a los testigos. Se concluye que el tratamiento con MJ suprime el desarrollo de los síntomas de daño por frío (DF) de frutos de guayaba a 5 °C sin efectos negativos en la maduración y calidad organoléptica.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: almacenamiento en frío, postcosecha, maduración, calidad comercial.

EFFECT OF METHYLJASMONATE ON PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF GUAVA (*Psidium guajava*) STORED AT LOW TEMPERATURES

ABSTRACT

Guava is a fruit very susceptible to cold and develops cold damage symptoms at temperatures equal or less than 5 °C, which reduce post-harvest life of the product. The objective of the study was to evaluate the effect of methyl jasmonate (MJ), during storage at low temperatures, on quality of guava cultivars. Guava fruits from Hawaiian Red (HR) and Hawaiian White (HB) cultivars were treated with concentrations of 0, 10⁻⁴ M and 10⁻⁵ M of MJ before storage at 5 °C for 15 d. Each five days, 15 fruits were transferred to 25 °C for 2 d to evaluate performance of shelf life. Additionally, we evaluated ethylene production (PE) and respiration rate (VR). Likewise, fruit quality was evaluated by determining the percentage of weight loss (PP), percentage of titratable acidity (AT), pH, total soluble solids (SST), hue angle (AM), firmness (F) and general appearance (AG). Treatment with MJ did not modify PP, F, PE, VR, AT, pH and SST. However, MJ reduced changes in AM and AG for both cultivars during the 15 days of storage when compared to the controls. We conclude that treatment with MJ suppressed the development of symptoms from cold damage (DF) in guava fruits at 5 °C without negative effects in maturation and organoleptic quality.

ADDITIONAL KEY WORDS: cold storage, post-harvest, maturation, commercial quality

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales productores de frutos tropicales y subtropicales a nivel mundial, entre los que destacan la papaya, el mango, el limón mexicano, el aguacate y la guayaba. Existe poca información sobre el manejo postcosecha de algunos cultivares de guayaba (*Psidium guajava*), aunque se sabe que la temperatura óptima de almacenamiento varía entre 8 y 12 °C y su vida de anaquel es de dos a tres semanas, dependiendo del cultivar y estado de madurez del fruto (Salunkhe, 1984). A temperaturas más bajas de la óptima, puede presentar síntomas de daño por frío (DF) como picado y manchado de la epidermis y el mesocarpio. Esto favorece el ataque de patógenos y reduce su vida postcosecha (Wang, 1994). Los DF pueden reducirse con el uso de diferentes tratamientos de acondicionamiento, previo almacenamiento en frío del fruto (Wang, 1993). Uno de los más recientes es la aplicación de ácido jasmónico en su forma metilada (MJ) en forma de vapor o solución. Se ha encontrado que el MJ puede disminuir los síntomas de DF en calabaza zucchini (Wang y Buta, 1994), toronja (Meir *et al.*, 1996), mango (González-Aguilar *et al.*, 2000), papaya (González-Aguilar *et al.*, 2003) y guayaba (González-Aguilar *et al.*, 2004).

A nivel fisiológico, se ha observado que el tratamiento con MJ no afecta la tasa de respiración en mango (González-Aguilar *et al.*, 2001) aunque aumenta la síntesis de etileno en papaya (González-Aguilar *et al.*, 2003). A nivel bioquímico, la disminución en los síntomas de DF en frutos tratados con MJ, se ha relacionado con un incremento en los niveles de poliaminas y ácido abscísico (Wang y Buta, 1994; González-Aguilar *et al.*, 2003) e inducción de proteínas de choque térmico (Ding *et al.*, 2001), mientras que la mayor resistencia al ataque de patógenos se ha correlacionado con la inducción de proteínas relacionadas con patogénesis (Ding *et al.*, 2002) y con un aumento en la actividad de la enzima fenilalanina amonio-liasa (González-Aguilar *et al.*, 2004). No se han reportado trabajos de investigación donde se evalúe el efecto del MJ sobre la calidad postcosecha de guayaba almacenada a bajas temperaturas.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento con MJ y el almacenamiento a 5 °C sobre la calidad postcosecha de dos cultivares de guayaba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal. Se utilizaron frutos de guayaba (*Psidium guajava*) en madurez fisiológica de los cultivares hawaiana Roja (HR) y hawaiana Blanca (HB), cosechados en el Valle de Culiacán. Los frutos se seleccionaron por tamaño, peso, estado de madurez, color y ausencia de daños físicos. Se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos de 120 frutos por cultivar. Para el tratamiento con MJ, dos grupos de 40 frutos fueron colocados cada uno en recipientes de

crystal de 30 litros y expuestos a dos concentraciones de MJ (10^{-4} M y 10^{-5} M) de acuerdo a la metodología de González-Aguilar *et al.* (2004). El tercer grupo sin tratamiento representó el testigo. Los tres grupos fueron posteriormente almacenados a 5 °C durante 15 d. A intervalos de cinco días se transfirieron 15 frutos de cada tratamiento y cultivar a 25 °C durante dos días, para simular el período de mercadeo. Los tiempos de exposición y las concentraciones de MJ aplicados fueron seleccionados de acuerdo a estudios preliminares (datos no mostrados).

Al momento de la transferencia a 25 °C y después del período de anaquel, se midió la producción de etileno, tasa de respiración, color de epidermis, la pérdida de peso, firmeza, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales y pérdida iónica.

Tasa respiratoria (TR) y producción de etileno (PE)

Estas variables se midieron en un cromatógrafo de gases equipado con una columna Haysep de dos metros de longitud y 31.75 mm de diámetro, un detector de ionización de flama y un detector de conductividad térmica, bajo las siguientes condiciones: temperatura del inyector 100 °C, temperatura de la columna 80 °C, temperatura del detector de conductividad térmica: 170 °C, temperatura del filamento: 205 °C y un detector de ionización de flama a temperatura de 120 °C (Perkin Elmer. Varian star 3400 Cx. Wellesley, MA 02481-4078, USA). Las variables se evaluaron en cuatro frutos colocados individualmente en frascos de plástico de 2.5 litros por una hora. Al término, el análisis se realizó mediante la inyección en el cromatógrafo de gases de una muestra de 1 ml de cada recipiente.

Ángulo de matiz

Se evaluó en cuatro frutos por tratamiento y cultivar con un colorímetro Minolta CR-300 calibrado para calcular los valores del espacio de color L^* , a^* y b^* (Minolta Corporation., Williams Drive, Ramsey, New Jersey 07446, U.S.A.).

Pérdida de peso (PP, %)

Se usó una balanza granataria (ACCULAB Vi-600) para registrar el peso de cada fruto al inicio del experimento y periódicamente durante el almacenamiento.

Firmeza (N)

Se midió la resistencia a la penetración (N) en cuatro puntos de cada fruto con un texturómetro digital (Chatillon DFG 50, John Chatillon & Sons, Inc., E.E.U.U.) provisto de un punzón cilíndrico de 8 mm.

Acidez titulable (AT), pH y sólidos solubles totales (SST)

Estas variables fueron determinadas de acuerdo a la metodología oficial del AOAC (1990). Se siguieron los

procedimientos utilizados en estudios previos (González-Aguilar *et al.*, 1998).

Apariencia general. Se determinó con la siguiente escala hedónica: 5 = ninguna lesión (0-20 %); 4 = daños ligeros (20-40 %); 3 = daños moderados (40-60 %); 2 = daños severos (60-80 %) y 1 = muy severos (80 % o más del área del fruto); los datos se analizaron de acuerdo a González-Aguilar *et al.* (1998).

Análisis Estadístico

Cada determinación se realizó en cuatro frutos, con la excepción de la apariencia general y los síntomas de DF que fue evaluada en 40 frutos. Se realizó un análisis de variación basado en un diseño completamente al azar. Además, cuando el análisis de variación encontró diferencias significativas, se utilizó la prueba de diferencias mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5 %. Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System versión 6.03, 1990)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa respiratoria (TR). Se registró una disminución de la TR después de 5 días de almacenamiento a 5 °C con respecto a los valores iniciales debido al efecto de las bajas temperaturas, lo que coincide con estudios previos (Saltveit, 2000). No se encontraron diferencias significativas en la TR por efecto del tratamiento con MJ ($P \leq 0.05$) en los dos cultivares estudiados, durante el almacenamiento a 5 °C (Figura 1). En general, la transferencia del fruto de 5 a 25 °C aumentó la TR, comportamiento similar al observado en frutos de mango tratados con MJ al ser transferidos de 7 a 25 °C (González-Aguilar *et al.*, 2001). En el cultivar HB no se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), excepto en los frutos almacenados por 10 días, donde la TR de los frutos testigo fue menor a la de los tratados con MJ a concentraciones de 10^{-4} M y 10^{-5} M después de un día de almacenamiento a 25 °C. Posteriormente, no se observaron cambios significativos ($P \leq 0.05$). En el cultivar HR se encontraron diferencias significativas durante el almacenamiento a 25 °C en frutos almacenados a 5 °C por 10 y 15 días, aunque no se observó un patrón definido ya que frutos almacenados por 10 días a 5 °C y tratados con MJ 10^{-5} M, tuvieron la menor TR, pero con 15 días, los frutos testigo tuvieron valores más bajos, por lo que se concluye que el tratamiento con MJ no alteró la TR característica de guayaba.

Producción de etileno (PE). Se observó una producción de etileno mayor ($P \leq 0.05$) en los frutos testigo del cultivar HB con relación a los tratados con MJ en todo el almacenamiento a 5 °C. Este comportamiento se mantuvo aún después de dos días a 25 °C (Figura 2), aunque la transferencia a temperaturas mayores propició una mayor

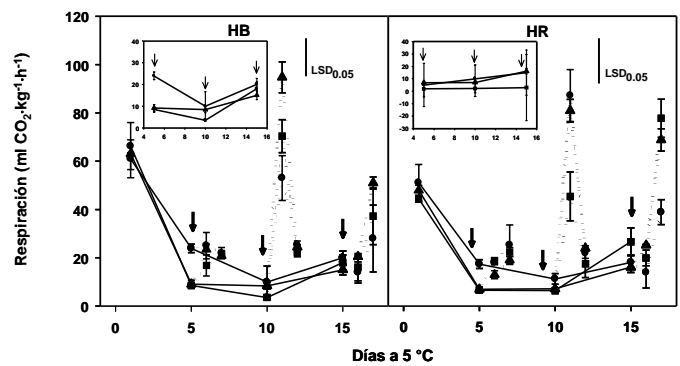


FIGURA 1. Velocidad de respiración de frutos de guayaba 'Hawaiana Blanca' (HB) y 'Hawaiana Roja' (HR) tratados con MJ 10^{-4} M, 10^{-5} M y 0 M (testigo) y almacenados durante diferentes periodos de tiempo a 5 °C (líneas sólidas). Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25 °C (líneas punteadas) después de permanecer 5, 10 o 15 días a 5 °C. El recuadro presenta una ampliación de 5 a 15 días a 5 °C. Los símbolos (●, ■ y ▲) representan el testigo y los tratamientos con MJ 10^{-4} y 10^{-5} M, respectivamente.

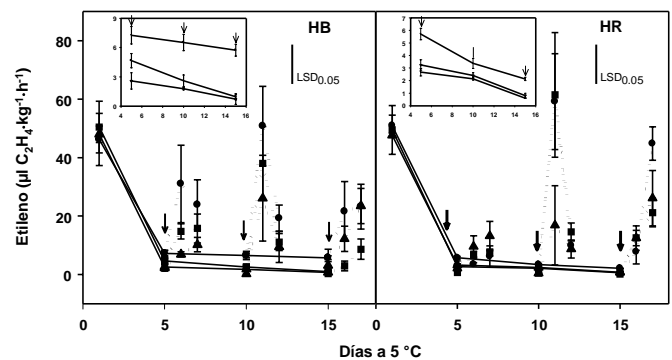


FIGURA 2. Producción de etileno de frutos de guayaba 'Hawaiana Blanca' (HB) y 'Hawaiana Roja' (HR) tratados con MJ 10^{-4} M, 10^{-5} M y 0 M (testigo) y almacenados durante diferentes periodos de tiempo a 5 °C (líneas sólidas). Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25 °C (líneas punteadas) después de permanecer 5, 10 o 15 días a 5 °C. El recuadro presenta una ampliación de 5 a 15 días a 5 °C. Los símbolos (●, ■ y ▲) representan el testigo y los tratamientos con MJ 10^{-4} y 10^{-5} M, respectivamente.

producción de etileno como se esperaba. En el cultivar HR la tendencia fue similar a 5 °C, pero cuando se transfirió a 25 °C se observó un aumento, excepto en los frutos almacenados por 15 días a 5 °C. Los resultados del presente trabajo son congruentes con los obtenidos por Saniewsky *et al.* (1997) en frutos de tomate, pero contrastan con los reportados por Saniewsky *et al.* (1987); Olias *et al.* (1991) y Moline *et al.* (1997) donde la aplicación de MJ incrementó la producción de etileno en tomates, fresas y manzanas 'Golden Delicious'. Este aumento se ha atribuido a la activación de las enzimas ACC sintasa y ACC oxidasa, las cuales pueden ser activadas en el fruto como respuesta al uso de bajas temperaturas. Esta bien documentado que el estrés por baja temperatura puede aumentar la producción

de etileno (Martínez-Téllez y Lafuente, 1993) y la diferencia entre los frutos de guayaba testigo y los tratados sugiere que el MJ redujo dicho estrés.

Los valores de producción de etileno encontrados en este estudio son similares a los reportados por Rodríguez-Félix (1999), donde se obtuvieron en promedio $15.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de C_2H_4 en guayaba almacenada a 20°C . Kader *et al.* (1992), mencionan que hay una variación de 1 a $20 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de C_2H_4 durante el almacenamiento de guayaba a 20°C . Siddiqui *et al.* (1991) reportaron una producción máxima de $15.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de C_2H_4 en guayaba criolla de Calvillo, Aguascalientes y del cultivar India una producción de $15.5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de C_2H_4 después de 15 d a 25°C . Es muy posible que las ligeras diferencias en producción de etileno encontradas para HR y HB en los estudios previos y el presente, se deban a las diferencias intrínsecas de las mismas.

Apariencia general (AG). Los dos cultivares de guayaba se comportaron en forma similar; los frutos testigo mostraron valores más bajos ($P\leq 0.05$) de AG con respecto a los tratados con MJ en todo el almacenamiento a 5°C (Figura 3). Por otro lado, no se encontró diferencia significativa ($P\leq 0.05$) entre el efecto de los dos niveles de concentración aplicada en la mayoría de los puntos de muestreo analizados. Al final del experimento, se observó que los frutos testigo de ambos cultivares no presentaron una calidad aceptable. Sin embargo, los frutos tratados con MJ no habían alcanzado el nivel mínimo de aceptabilidad general (2.5) donde todavía los frutos se consideran comercializables. La excepción fue para la HR tratada con $\text{MJ } 10^{-4} \text{ M}$, donde al final del almacenamiento ya mostraba valores de AG que implican frutos no comercializables. Sin embargo, frutos de HR tratados con $\text{MJ } 10^{-5} \text{ M}$ mostraban valores de AG que los coloca en la categoría de frutos comercializables. Estudios previos han mostrado que el MJ reduce las lesiones en tallos de rosas (*Rosa híbrida* L. Mercedes) cortadas (Meir *et al.*, 1998) e induce resistencia

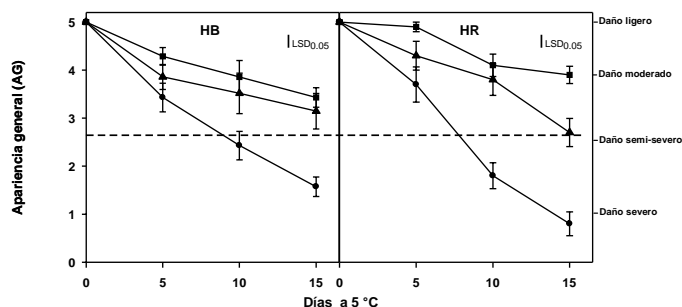


FIGURA 3. Nivel de apariencia general de frutos de guayaba 'Hawaiana Blanca' y 'Hawaiana Roja' tratados con $\text{MJ } 10^{-4} \text{ M}$ y 10^{-5} M y almacenados durante diferentes periodos de tiempo a 5°C . Los símbolos (●, ■ y ▲) representan el testigo y los tratamientos con $\text{MJ } 10^{-4}$ y 10^{-5} M , respectivamente.

en fresas (*Fragaria x ananassa* Duch Dalmarvel) contra *Botrytis cinerea* (Buta y Moline, 1998).

Ángulo de matiz. Ambos cultivares presentaron un ángulo de matiz inicial entre 170 y 180° que corresponde a un color verde y al final del almacenamiento a 5°C , valores entre 130 y 140° que representa un color verde-amarillo (Figura 4). Después de 15 días de almacenamiento a 5°C y 2 días a 25°C , el cultivar HB mostró valores de 120° (amarillo tenue), aunque con las mismas condiciones HR presentó valores de 100° (amarillo intenso). En guayaba HB, durante todo el almacenamiento a 5°C y después de la transferencia a 25°C , los frutos testigo tuvieron ángulos de matiz menores a los tratados con MJ. De los dos niveles de MJ, la concentración de 10^{-5} M redujo en mayor proporción los cambios de color respecto a los frutos testigo, pero no hubo diferencias significativas ($P\leq 0.05$) entre las dos concentraciones de MJ usadas. En la guayaba HR ocurrió una situación similar, ya que los valores de ángulo de matiz fueron menores en frutos testigo y mayores en los tratados con $\text{MJ } 10^{-5} \text{ M}$, durante el almacenamiento a 5°C . Sin embargo, después de la transferencia a 25°C , no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P\leq 0.05$). Estos resultados indican que el MJ retrasó el cambio de color en los frutos, lo que puede estar asociado a una demora en la maduración. Los cambios de color de frutos con la maduración dependen en parte de la degradación de clorofilas (Ben-Yehoshua, 1985). Estudios previos con frutos de guayaba tratados con las mismas concentraciones de MJ del presente estudio mostraron cantidades de clorofila menores en la epidermis con respecto a frutos testigo (González-Aguilar *et al.*, 2004). También se ha reportado que la exposición de manzanas a MJ incrementa considerablemente la acumulación de β -caroteno y la degradación de clorofilas (Oliás *et al.*, 1991). Se infiere entonces que los cambios en clorofila y carotenos por MJ pueden ser responsables de los valores mayores de ángulo de matiz en los frutos tratados.

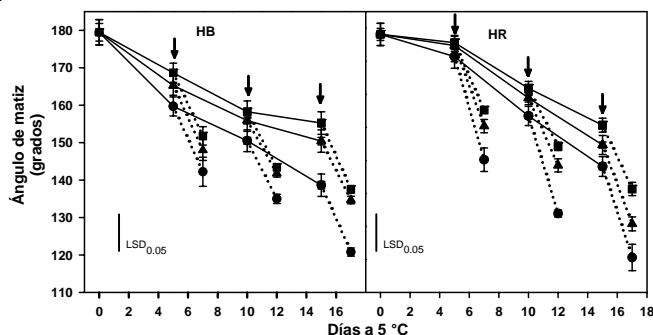


FIGURA 4. Ángulo de matiz de frutos de guayaba 'Hawaiana Blanca' (HB) y 'Hawaiana Roja' (HR) tratados con $\text{MJ } 10^{-4} \text{ M}$, 10^{-5} M y 0 M (testigo) y almacenados durante diferentes periodos de tiempo a 5°C (líneas sólidas). Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C (líneas punteadas) después de permanecer 5, 10 o 15 días a 5°C . Los símbolos (●, ■ y ▲) representan el testigo y los tratamientos con $\text{MJ } 10^{-4}$ y 10^{-5} M , respectivamente.

Variabes químicas. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en AT, SST, % PP, firmeza y pH entre frutos testigo y tratados de la variedad HB (Cuadro 1). Tampoco hubo significancia entre los frutos de cada concentración ($P\leq 0.05$). Los frutos tratados tuvieron valores mayores de firmeza y menores de PP respecto a los testigos, aunque los contrastes no se verificaron estadísticamente. Estos resultados son similares a los de González-Aguilar *et al.* (2003) quienes encontraron que el MJ disminuye la pérdida de peso en papaya 'Sunrise' a 10 °C después de 25 días. También el MJ reduce ligeramente la pérdida de firmeza en fresas (Pérez *et al.*, 1997) y en frutos de manzana (Olias *et al.*, 1990).

En la guayaba variedad HR, no se encontraron diferencias significativas en las variables químicas analizadas entre los frutos testigo y tratados con las dos concentraciones de MJ. Tampoco hubo diferencias entre los frutos cuando se les aplicó las dos concentraciones de MJ (Cuadro 2).

En general, los frutos de HB presentaron mayor PP que los de HR; la guayaba HR tiene cáscara de menor grosor (datos no mostrados), lo que pudo ocasionar la diferencia, aunque esto puede también indicar diferencia en permeabilidad de agua (Nakasone y Paull, 1998; Lazan *et al.*, 1998). Esto también se observó en frutos de guayaba Criolla Roja y San Miguel que se almacenaron en las mismas condiciones y presentaron diferencias en PP (Laguado *et al.*, 1998).

No se registró un cambio significativo en SST (Cuadros 1 y 2). Esto contrasta con Vázquez y Colinas (1987), que

señalaron que los SST disminuyen en guayaba con la maduración y el cambio varía con la temperatura, lo que sugiere un comportamiento distinto entre cultivares. Tampoco se observó un efecto del MJ sobre los SST contrario a lo observado en mango 'Tommy Atkins' y 'Kent' donde el tratamiento de MJ aumentó los SST cuando se almacenó a 20 y 25 °C, respectivamente (González-Aguilar *et al.*, 2000, 2001); en rábanos sucedió algo parecido (Wang y Buta, 1998).

El pH tampoco se afectó por el tratamiento con MJ en las dos variedades de guayaba y los datos no mostraron una tendencia clara (Cuadros 1 y 2), pero fueron congruentes con el reporte de Charng-Cherng *et al.* (1992). En este trabajo se encontró que el pH aumenta de 4.3 a 4.6 durante la maduración, aunque contrastan con el reporte de Yusof y Mohamed (1987) que encontraron que el pH de guayaba disminuye de 4.5 a 4.0, mismo que se puede deber a un aumento en el contenido de los ácidos orgánicos libres (Robert y Good, 1983).

Los valores de AT encontrados aquí son similares a los reportados por Laguado *et al.* (1999) para el cultivar Criolla Roja (0.047 y 0.57 %). La disminución de AT observada en los frutos fue de 0.35 % \pm 0.05 para la HB y de 0.15 % \pm 0.05 en HR. Aunque estas tendencias no se verificaron estadísticamente, fueron similares a los reportado por Charng-Cherng *et al.* (1992) quienes encontraron cambios entre 0.48 a 0.31 %, durante la comercialización.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye

CUADRO 1. Cambios en el porcentaje de acidez titulable (AT), pH, firmeza (N), sólidos solubles totales (SST) y pérdida de peso (PP) en guayaba 'Hawaiana Blanca'. La descripción detallada del experimento realizado se encuentra en la sección de materiales y métodos.

Determinación	Días	Almacenamiento a 5 °C			Almacenamiento a 5 °C + 2 días a 25 °C		
		Control	MJ10 ⁻⁵ M	MJ10 ⁻⁴ M	Control	MJ10 ⁻⁵ M	MJ10 ⁻⁴ M
%AT	5	0.49 a ^z	0.39 a	0.57 a	0.42 a	0.46 a	0.42a
	10	0.62 a	0.46 a	0.47 a	0.33 a	0.46 a	0.62a
	15	0.55 a	0.50 a	0.48 a	0.58 a	0.45 a	0.21c
pH	5	4.46 a	4.45 a	4.20 a	4.33 a	4.29 a	4.30a
	10	4.23 a	4.32 a	4.32 a	4.46 a	4.48 a	4.18a
	15	4.21 a	4.44 a	4.28 a	4.38 a	4.55 a	4.44a
Firmeza (N)	5	24.25 a	26.48 a	24.06 a	21.32 a	22.10 a	20.15a
	10	21.10 a	24.03 a	22.44 a	15.34 a	18.35 a	18.27a
	15	18.92 a	20.55 a	19.20 a	13.64 a	16.91 a	16.81a
SST	5	10.33 a	9.33 a	8.10 a	9.87 a	10.15 a	9.35a
	10	10.52 a	10.15 a	10.87 a	8.52 a	9.77 a	9.10a
	15	8.82 a	7.52 a	10.22 b	9.45 a	8.12 a	10.10a
PP (%)	5	1.62 a	1.41 a	0.90 a	5.17 a	2.08 b	5.26a
	10	3.47 a	1.64 a	1.13 a	4.32 a	3.92 a	4.72a
	15	3.57 a	1.87 a	1.39 b	6.35 a	3.45 b	3.00 ^b

^zMedias con distinta literal dentro de una línea son significativamente diferentes ($P\leq 0.05$).

CUADRO 2. Cambios en el porcentaje de acidez titulable (AT), pH, firmeza (N), sólidos solubles totales (SST) y pérdida de peso (PP) en guayaba 'Hawaiana Roja'. La descripción detallada del experimento realizado se encuentra en la sección de materiales y métodos.

Determinación	Días	Almacenamiento a 5 °C			Almacenamiento a 5 °C + 2 días a 25 °C		
		Control	MJ10 ⁻⁵ M	MJ10 ⁻⁴ M	Control	MJ10 ⁻⁵ M	MJ10 ⁻⁴ M
%AT	5	0.37 a ^z	0.36 a	0.47 a	0.43 a	0.34 a	0.58 a
	10	0.38 a	0.37 a	0.47 a	0.40 a	0.44 a	0.33 a
	15	0.32 a	0.44 a	0.51 a	0.28 a	0.39 a	0.46 a
pH	5	4.49 a	4.54 a	4.66 a	4.31 a	4.42 a	4.48 a
	10	4.49 a	4.37 a	4.46 a	4.71 a	4.60 a	4.42 a
	15	4.58 a	4.56 a	4.29 a	4.89 a	4.73 a	4.54 a
Firmeza (N)	5	21.14 a	24.67 a	23.74 a	18.64 a	20.73 a	21.15 a
	10	20.40 a	22.44 a	21.22 a	9.66 a	17.41 a	13.58 a
	15	18.90 a	20.55 a	19.30 a	16.56 a	17.98 a	16.95 a
SST	5	7.93 a	8.96 a	7.36 a	8.85 a	9.80 a	9.97 a
	10	9.96 a	10.83 a	9.20 a	7.47 a	9.47 a	8.87 a
	15	9.40 a	7.82 a	9.65 a	8.45 a	7.75 a	7.22 a
PP (%)	5	0.96 a	0.72 a	1.20 a	12.50 a	7.50 a	5.53 a
	10	1.28 a	2.14 a	1.99 a	4.03 a	3.82 a	5.03 a
	15	2.43 a	2.57 b	2.09 b	5.89 a	3.25 a	3.10 b

^zMedias con distinta literal dentro de una línea son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

que el tratamiento con MJ puede retrasar los síntomas típicos de DF que desarrollan los frutos de guayaba cuando se almacenan por debajo de su temperatura óptima de almacenamiento. Los frutos tratados con MJ pueden mantenerse en buenas condiciones hasta por 10 d a 5 °C, sin cambios apreciables en la calidad y maduración del fruto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo del proyecto. Este trabajo forma parte de la tesis de maestría del estudiante Ricardo Zavaleta, realizada en el CIAD (Hermosillo).

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Ed. AOAC International. Arlington, U.S.A. 1141 p.
- BEN-YEHOSHUA, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic films. A new postharvest technique. Hortscience 20(1): 32-37.
- BROUGHTON, W. J.; LEONG, S. F. 1979. Maturation of Malaysian Fruits. III. Storage Conditions and Ripening of Guava (*Psidium guajava* L. var. GU3 and GU4). Mardi Research Bulletin 7(2): 12-26.
- BUTA, G. J.; MOLINE, H. E. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut and peppers. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46(4): 1253-1256.
- CHARNG-CHERNG, C.; SHU-YUEH, C.; CHUNG-MAY, W. 1992. Differ-

ences of volatile and nonvolatile constituents between mature and ripe guava (*Psidium guajava* Linn) fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 40(5): 846-849.

- DING, C. K.; WANG, C. Y.; GROSS, K. C.; SMITH, D. L. 2001. Reduction in chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Science 161(6): 1153-1159.
- DING, C. K.; WANG, C. Y.; GROSS, K. C.; SMITH, D. L. 2002. Jasmonate and salicylate the expression of pathogenesis-related-protein and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta 214(6): 895-901
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; FORTIZ, J.; BÁEZ-SAÑUDO, R. 1998. Efecto del metil jasmonato sobre la calidad y reducción de los síntomas de daño por frío en frutos de mango ?Tommy Atkins´ Revista Iberoamericana Tecnológica Postcosecha 1(1): 32-38.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; FORTIZ, J.; CRUZ, R.; BÁEZ, R.; WANG, C. Y. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48(2): 515-519.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; BUTA, J. G.; WANG, C. Y. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of mango 'Kent' mangoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 81(13): 1244-1249.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; BUTA, J. G.; WANG, C. Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ?Sunrise´. Postharvest Biology and Technology 28(3): 361-370.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E.; ZAVALETA-GATICA, R.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications 313(3): 704-711.
- KADER, A. A.; KASMIRE, R. F.; MITCHELL, F. G.; REID, M. S.; SOMMER, N. F.; THOMPSON, J. F. 1992. Postharvest Technology of Hor-

- ticultural Crops. 2nd edition. Ed:University California. Berkeley, U.S.A. 150 p.
- KONDO, S.; JISTRATHAM, A.; KITTIKORN, M.; KANLAYANARAT, S. 2004. Relationships between jasmonates and chilling injury in mangosteens are affected by spermine. *HortScience* 39(6): 1346-1348.
- LAGUADO, N.; PÉREZ, E.; ALVARADO, C.; MARÍN, M. 1998. Características físico-químicas en tipos de guayaba cosechadas en dos plantaciones comerciales bajo condiciones de manejo diferentes. Resúmenes del Congreso Iberoamericano de Tecnología Post y Agroexportaciones. Hermosillo, Son., México. p. 26
- LAGUADO, N.; PÉREZ, E.; ALVARADO, C.; MARÍN, M. 1999. Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad Agronomía (LUZ)* 16: 382-397.
- LAZAN, H.; ALI, M. Z. 1998. Guava. pp. 446-485. *In: Tropical and Subtropical Fruits*. Volume III. P.E. SHAW, P. E.; H.T. CHAN; S. NAGY; W.F. WARDOWSKI (eds.). Ed. Agrosience, Inc. Auburndale, U.S.A.
- MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; LAFUENTE, M. T. 1993. Chilling induced changes in phenylalanine ammonio-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase activities in citrus flavedo tissue. *Acta Horticulturae* 343: 257-263.
- MEIR, S.; DROBY, S.; DAVIDSON, H.; ALSEVIA, S.; COHEN, L.; HOREV, B.; PHILOSOPH-HADAS, S. 1998. Suppression of *Botrytis* rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. *Postharvest Biology and Technology* 13(3): 235-243.
- MEIR, S.; PHILOSOPH-HADAS, S.; LURIE, S.; DROBY, S.; AKERMAN, M.; ZAUBERMAN, G.; SHAPIRO, B.; COHEN, E.; FUCHS, Y. 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. *Canadian Journal of Botany* 74(5): 870-874.
- MOLINE, H. E.; BUTA, J. G.; SAFTHER, R. A. 1997. Comparison of three volatile natural products for the reduction of postharvest decay in strawberries. *Research Reports* 16:13-17.
- MURATA, T. 1990. Relation of chilling stress to membrane permeability, pp. 201-210. *In: Chilling Injury of Horticultural Crops*. C. Y. WANG (ed.). Ed. CRC Press, Inc. Boca Raton. Fl. USA.
- OLIAS, J. M.; RÍOS, J.; VALLE, M.; ZAMORA, R.; SANZ, L. C.; AXELROD, B. 1990. Fatty acid hydroperoxyde lyase in germinating soybean seedlings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38(3): 624-630.
- OLÍAS, J. M.; SANZ, L. C.; PÉREZ, A. G. 1991. Influencia del jasmonato de metilo en la maduración y postcosecha de manzana, p. 60-67. *In: El etileno en la Maduración y Postcosecha de Frutos y Hortalizas*. I. Recansens; M. GRAELL; M. VENDRELL (eds.) Paper kite, Spain. PP:60-67.
- NAKASONE, H. Y.; PAULL, R.E. 1998. *Tropical Fruits*. CAB International, Wallingford, England. 445 p.
- PÉREZ, A. G.; SANZ, C.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J. M. 1997. Effect of methyl jasmonate on *in vitro* strawberries ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(10): 3733-3737.
- RODRÍGUEZ-FÉLIX, A. 1999. Postharvest handling of minor fruits in México. Proceedings of the national symposium on postharvest physiology and technology of horticultural crops in México. Hermosillo, Son., México. pp. 305-310.
- ROBERT, P.; GOOD, T. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava* L.) fruit detachment force to stage of fruit development and chemical composition. *HortScience* 18(1): 65-67.
- SABEHAT, A.; WEISS, D.; LURIE, S. 1995. Persistence of heat shock proteins in heated tomato fruit and the resistance to chilling injury of the fruit. *Acta Horticulturae* 398: 11-22.
- SALTVEIT, M. E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables, postharvest *Biology and Technology* 15(3): 279-292.
- SALTVEIT, M. E. 2000. Discovery of chilling injury, pp. 423-448. *In: Discoveries in Plant Biology*. Vol 3. S. D. KUNG; S. F. YANG (eds.). Ed. World Scientific Publishing. Tuck Link, Singapore.
- SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Vol II. Ed. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. 147 p.
- SANIEWSKI, M.; URBANEK, H.; CZAPSKI, J. 1987. Effect of methyl jasmonate on ethylene production, chlorophyll degradation, and polygalacturonase activity in tomatoes. *Journal of Plant Physiology* 127: 177-181.
- SANIEWSKY, M.; URBANEK, H.; CZAPSKY, J. 1997. The role of jasmonates in ethylene biosynthesis. *In: Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene*. A. K. KANELIS (ed.) Kluwer Academic Publishes. Netherlands. pp. 39-45.
- SAS, 1990. *Statistic Analysis System. User's Guide: Statistics, Versión 6.03*. SAS Institute, Cary, NC. E.E.U.U.
- SIDDIQUI, S.; SHARMA, R. K.; GUPTA, O. P. 1991. Physiological and quality response of Guava fruits to posture during storage. *HortScience* 26(10): 1295-1297.
- VÁZQUEZ, O. R. I.; COLINAS, L. M. T. 1987. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. *HotScience* 25(1): 86-87
- WANG, C. Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. *Horticultural Reviews* 15:63-132.
- WANG, C. Y.; BUTA, G. 1998. Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes. *Postharvest Biology and Technology* 14(2): 179-183.
- WANG, C. Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology* 4(1): 65-73.
- WANG, C. Y.; BUTA, G. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Curcubita pepo* through its regulation of abscisic and polyamine levels. *Environmental and Experimental Botany* 43(4): 427-432.
- YUSOF, S.; MOHAMED, S. 1987. Physico-chemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 38: 31-39.