

EFFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) Y TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO SOBRE LA FISIOLÓGÍA Y CALIDAD DEL MANGO 'KEITT'

J. A. Osuna-García¹; I. Cáceres-Morales²;
E. Montalvo-González³; M. Mata-Montes de Oca³;
B. Tovar-Gómez³

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla,
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Km 6 Carretera Internacional a Santiago. Santiago Ixcuintla, Nayarit,
C. P. 63300. MÉXICO. Tel y Fax (323) 235 07 10
Correo-e: josunaga@tepic.megared.net.mx (¹Autor responsable).

²Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba

³Laboratorio de Investigación en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tepic.
Tepic, Nayarit, C. P. 63175. MÉXICO. Tel y Fax (311) 211 94 00.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del 1-MCP (0 y 300 nl-litro⁻¹) y diferentes niveles de tratamiento hidrotérmico (0, 52 °C por 5 min y 46 °C por 110 min) sobre la fisiología y calidad de mango 'Keitt'. Se analizó velocidad de respiración, pérdida de peso, firmeza, color de pulpa, sólidos solubles totales y porcentaje de frutos enfermos. Se encontró que la efectividad del 1-MCP varió acorde al nivel de tratamiento hidrotérmico. En frutos sin hidrotérmico el 1-MCP disminuyó velocidad de respiración, no influyó en la pérdida de peso, mantuvo cuatro veces más la firmeza y retrasó el cambio de color de pulpa y el aumento de los sólidos solubles. Sin embargo, bajo tratamiento hidrotérmico por 5 min el 1-MCP incrementó velocidad de respiración, no influyó en la pérdida de peso, mantuvo dos veces más la firmeza de pulpa, retrasó el desarrollo del color de pulpa y mantuvo sin cambios los sólidos solubles. La efectividad del 1-MCP sobre firmeza y pérdida de peso fue significativamente afectada por el tratamiento hidrotérmico de 110 min, y no tuvo ningún efecto sobre el control de enfermedades, sin embargo, el tratamiento con agua caliente por 5 min redujo en más de 50 % la presencia de frutos enfermos. El 1-MCP en combinación con el tratamiento hidrotérmico de 5 min alargó en cinco días la vida de anaquel de los frutos y podría ser una alternativa viable en mercados que no requieren tratamiento hidrotérmico cuarentenario para el control de mosca de la fruta.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Mangifera indica* L., velocidad de respiración, pérdida de peso, firmeza, color de pulpa.

EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) AND HOT WATER TREATMENT ON THE PHYSIOLOGY AND QUALITY OF 'KEITT' MANGOS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of 1-MCP (0 y 300 nl-liter⁻¹) and different levels of hot water treatment (0, 52 °C for 5 min and 46 °C for 110 min) on the physiology and quality of 'Keitt' cultivar mangos. The respiration rate, weight loss, firmness, pulp color, total soluble solids and diseased fruits were analyzed. The 1-MCP effect changed with the hot water treatment. In fruits without hot water treatment, 1-MCP decreased respiration rate; it did not affect weight loss; it maintained four fold the fruit firmness and delayed pulp color change and total soluble solids increase. However, in the 5 min hot water treatment, 1-MCP augmented the respiration rate; it did not affect weight loss and kept twice the fruit firmness while slowing down pulp color change and total soluble solids enhancing. The hot water treatment for 110 min significantly affected the effectiveness of 1-MCP to maintain firmness and avoid weight loss. The 1-MCP did not show any effect on controlling diseases, but the hot water treatment for 5 min reduced more than fifty percent the number of diseased fruits. Finally, it was observed that 1-MCP in combination with hot water treatment for 5 min extended the shelf life for five additional days and may be a good alternative for markets not requiring quarantine hot water treatment.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Mangifera indica* L., respiration rate, weight loss, firmness, pulp color.

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea y Japón demandan grandes cantidades de mango mexicano, sin embargo, sólo se exportan 7,500 t que representan menos del 1 % del total exportado (SAGARPA, 2006). Bajo el manejo actual, la exportación es por vía aérea (con un costo de 6 a 8 dólares por caja). Por vía marítima el costo de flete se reduce, sin embargo, experiencias previas han resultado desalentadoras por altos riesgos en el mercado, ya que se requieren de 20 a 24 días de traslado y la fruta llega en avanzado estado de madurez, disponiendo sólo de tres a cuatro días para comercializar, lo que ocasiona dificultades para comercializar y altas pérdidas en mercado terminal.

El uso del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) es una alternativa para solucionar esta problemática ya que retrasa la maduración, mantiene la calidad de frutos climatéricos y tiene mayor efecto en cultivares que producen altas y medianas concentraciones de etileno (Dong *et al.*, 2002). El 1-MCP actúa bloqueando al etileno al unirse a su receptor en la célula e impide que éste desencadene la serie de reacciones que conllevan al proceso de maduración, tales como descenso de la firmeza en los tejidos, desintegración de la pared celular, degradación de pigmentos, desdoblamiento de almidones a azúcares solubles, entre otros (Sisler y Serek, 1997 y 1999; Blankenship, 2001).

En Nayarit, el efecto del 1-MCP se ha estudiado en cuatro de las variedades de mango de exportación. Se ha observado que el 1-MCP retrasa el proceso de maduración al disminuir la pérdida de firmeza y de peso, así como retrasar el aumento de sólidos solubles totales y el desarrollo de color de pulpa, particularmente en las variedades Kent y Keitt (Osuna y Beltrán, 2004; Osuna *et al.*, 2005). Sin embargo, sigue siendo de interés profundizar en la respuesta de estas variedades bajo diversos requerimientos de tratamiento hidrotérmico, ya que algunos países como Estados Unidos y Japón requieren tratamiento cuarentenario (46.1 °C por 75 a 110 min, dependiendo del tamaño del fruto) y otros como Europa y Canadá no lo requieren pero si se tratan los frutos con agua caliente a 52 °C por 5 a 15 min para prevenir daño por antracnosis. Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del 1-MCP bajo diferentes niveles de tratamiento hidrotérmico sobre la fisiología y calidad de frutos de mango 'Keitt'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de mango 'Keitt' cosechados en madurez fisiológica con un valor inicial de sólidos solubles de 7.4 °Bx, procedentes de los empaques NATURAMEX y El Crucero, ubicados en el municipio de Tepic, Nayarit. Los frutos se sometieron a tratamiento hidrotérmico (0, 5 y 110 min) y a la aplicación de 1-MCP (0 y 300 nl·litro⁻¹). El tratamiento de hidrotérmico por 5 min se aplicó a 52 °C para prevenir daño por antracnosis (Spalding y Reeder, 1986);

en tanto que el tratamiento de 110 min con agua caliente a 46.1 °C fue el recomendado para el control de larva de mosca de la fruta en frutos mayores a 700 g (Báez *et al.*, 1998). La aplicación del 1-MCP después del tratamiento hidrotérmico, se realizó por 12 h a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR usando tabletas especialmente diseñadas para liberar 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP en un armazón de plástico hermético con dimensiones de 135 X 163 X 183 cm para un volumen de 4 m³. Las tres tabletas se disolvieron en un vial con 18 ml de solución activadora compuesta de ácido cítrico (8 %), citrato de sodio (2 %) y agua (90 %) y una tableta activadora con bicarbonato de sodio (95 %), polietilenglicol (3 %) e hidroxipropil celulosa éter (2 %). Después de los tratamientos anteriores, los frutos se almacenaron en cuarto refrigerado por 20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR para simular traslado en contenedor marítimo, para después transferirse a condiciones de simulación de mercadeo (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta alcanzar madurez de consumo.

Las variables analizadas fueron: velocidad de respiración, pérdida de peso, firmeza, color de pulpa, sólidos solubles totales y porcentaje de frutos enfermos. La velocidad de respiración (VR) se midió a través de la técnica reportada por Tovar *et al.* (2001), para ello se tomaron tres frutos por tratamiento los cuales se colocaron en recipientes herméticos por dos horas y después se tomó 1 ml del espacio de cabeza y se analizó utilizando un cromatógrafo de gases marca HP modelo 6890 provisto de un detector de conductividad térmica sensible al CO₂, una columna HP-Plot Q de 15 m X 0.53 mm y 40 µm de espesor; la temperatura de inyección y de los detectores fue de 250 °C, se empleó gas nitrógeno como acarreador a un flujo de 7 ml·min⁻¹, además de hidrógeno y aire a un flujo de 30 y 400 ml·min⁻¹, respectivamente. La temperatura del horno consistió de una rampa iniciando en 50 °C y llegando a 80 °C a una velocidad de 30 °C·min⁻¹ expresando los resultados en ml·kg⁻¹·h⁻¹. La pérdida de peso se midió mediante una báscula portátil digital con capacidad de 2,000 g y aproximación de 0.1 g (Ohaus corp Florham Park, NJ), para lo cual se utilizaron 20 frutos que fueron pesados periódicamente durante toda la etapa de evaluación; la diferencia en peso y su relación con el peso inicial se expresó como pérdida de peso en porcentaje. La firmeza se evaluó empleando un penetrómetro Chatillon Modelo DFE-050 (Ametek Instruments, Largo, FL), adaptado con punzón cilíndrico de 6 mm de diámetro. En cada fruto se hizo un corte longitudinal en la parte ecuatorial de aproximadamente 0.5 cm para eliminar la cáscara y se realizó una medición a cada lado del fruto, los datos se expresaron en Newtons (N). El color de la pulpa se midió con un colorímetro Minolta CR-300, y los valores se reportaron como ángulo de tono. Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron en 5 g de pulpa homogeneizada mediante un refractómetro digital Atago PAL-1 (ATAGO USA INC. Bellevue, WA) con corrección de temperatura (AOAC, 1984). Los frutos enfermos se evaluaron al final del mercadeo en los mismos frutos que se usaron para la pérdida de peso y sus valores se expresaron en porcentaje.

Los datos se analizaron bajo un diseño factorial 2^3 con doce repeticiones considerando un fruto como unidad experimental. La variable de pérdida de peso se analizó mediante estadística no paramétrica en tanto que la firmeza, color de pulpa sólidos solubles totales y velocidad de respiración se analizaron con el modelo general lineal (GLM) del SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de Respiración (VR)

La VR se mantuvo baja durante las condiciones de refrigeración en todos los tratamientos, y posteriormente aumentó cuando los frutos fueron transferidos a temperatura ambiente (Figura 1). La capacidad de oxidación del succinato de las mitocondrias aisladas del mango 'Amelie' almacenado a 12 °C por 25 días presentó un máximo a los 10 días y posteriormente disminuyó pero fue notablemente más bajo que el observado a los 10 días en mangos almacenados a 20 °C (Kane *et al.*, 1978). Así, la VR se vio reducida y esto podría explicar la VR baja observada en los frutos almacenados por 20 días a 13 °C en este experimento. Está bien establecido que las temperaturas bajas estimulan la producción de etileno autocatalítico (Lelievre *et al.*, 1995), aunque en el laboratorio no se pudo detectar la presencia de etileno; al trasladar los frutos a temperatura ambiente se elevó notablemente la VR en todos los tratamientos, posiblemente inducida por el etileno autocatalítico. Este comportamiento también fue reportado por Saucedo *et al.* (1977) en mango 'Kent' refrigerado a 13 °C y 85-90 % de HR por 23 días y posteriormente trasladado a 25 °C.

En los frutos tratados con 1-MCP y sin hidrotérmico (300-0), la VR fue menor en comparación al testigo (sin hidrotérmico y sin 1-MCP, 0-0; Figura 1A); lo mismo se observó en aquellos frutos con 1-MCP y con hidrotérmico por 110 min (300-110; Figura 1C) con respecto al testigo. Sin embargo, la VR fue igual o ligeramente superior en frutos tratados con 1-MCP y con hidrotérmico por 5 min (Figura 1B). Este aumento de la VR en estos frutos pudo deberse a que la temperatura para prevenir antracnosis es de 52 °C y la del tratamiento cuarentenario es de 46.1 °C, observándose consecuentemente una actividad enzimática alta del metabolismo respiratorio aunque los frutos se hayan tratado con 1-MCP. Esto coincidió con lo reportado por Mei-Jiao *et al.* (2005) ya que encontraron que la combinación de agua caliente y 1-MCP alargó la vida de anaquel y redujo la antracnosis en frutos de mango pero se observaron incrementos en la respiración. Estos resultados coinciden con los reportados por diversos autores para las variedades Nahm-dawg-mai-sri-tong, y Nam Dokmai (Chaiprasart y Hansawasdi, 2006; Penchaiya *et al.*, 2006). Por otro lado, Nyanjage *et al.* (1999) encontraron que la cáscara del mango 'Tommy Atkins' sumergida en agua caliente a 46.5 °C por 120 min presentó significativamente una mayor fuga de electrolitos comparada con el testigo. Si esto sucediera en

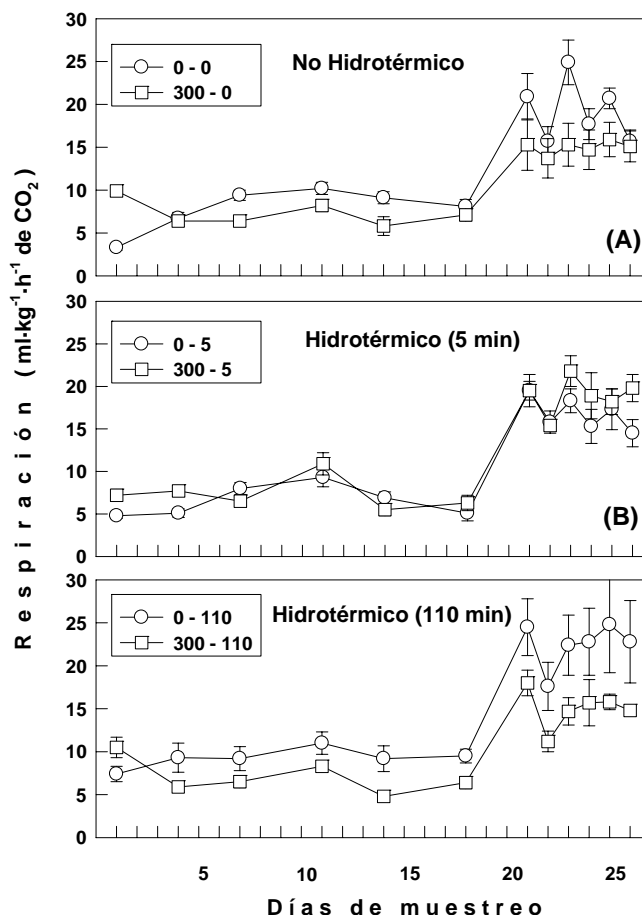


FIGURA 1. Velocidad de Respiración de frutos de mango 'Keitt' en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85-90 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Cada punto representa la media de tres observaciones \pm error estándar.

el mango 'Keitt' con tratamiento hidrotérmico por 110 min el CO_2 interno podría salir más fácilmente y esto explicaría porque los frutos tratados con este tratamiento pero sin 1-MCP presentaron mayor VR que los tratados con 1-MCP, en los cuales debido al efecto de este último se encuentra la VR disminuida (Mitcham y McDonald, 1993). De esta manera, el aumento de la VR en los frutos con tratamiento hidrotérmico dependería de las condiciones de tiempo y temperatura y de los daños que sufra la cáscara del fruto.

Pérdida de peso

La pérdida de peso acumulada en los frutos sin hidrotérmico fue de 10.8 % (Figura 2A), y ésta fue estadísticamente diferente a la observada en frutos con tratamiento hidrotérmico por 5 min (Figura 2B) la cual fue de 12.3 % y a la presentada por los frutos con tratamiento hidrotérmico por 110 min y con 1-MCP (Figura 2C) con 12.8 %, siendo ésta la mayor pérdida. Este comportamiento podría deberse al efecto negativo que ejerce el tratamiento

hidrotérmico en los frutos ya que puede provocar un aumento en la transpiración debido a la ruptura de células y destrucción del mesocarpio (Jacobi y Gowanlock, 1995; Nyanjage *et al.*, 1999). Por otro lado, se observó que el 1-MCP no influyó en el comportamiento de esta variable para los frutos sin tratamiento hidrotérmico (Figura 2A) y los tratados por 5 min (Figura 2B), pero incrementó la pérdida de peso de los frutos con 110 min (Figura 2C), lo cual pudo deberse más que nada al propio efecto del tratamiento hidrotérmico ya que varios autores reportan que el 1-MCP disminuye o mantiene inalterada la pérdida de peso de frutos de mango (Osuna *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2004).

Firmeza de pulpa

El 1-MCP influyó significativamente en el mantenimiento de la firmeza en frutos sin tratamiento hidrotérmico y en aquellos tratados por 5 min pero no tuvo efecto significativo para los frutos tratados por 110 min (Figura 3). En los frutos con 1-MCP y sin tratamiento hidrotérmico

(300-0) se observó la mayor eficiencia del 1-MCP en mantener la firmeza de pulpa, sobre todo durante los 20 días de refrigeración ya que al término de ésta los frutos testigo (0-0) perdieron el 89.3 % de su firmeza inicial en tanto que los tratados con 1-MCP perdieron sólo el 23.8 % (Figura 3A). Para las condiciones de 5 min de tratamiento hidrotérmico (Figura 3B), la eficiencia del 1-MCP disminuyó pero fue considerablemente significativa con relación a los frutos testigo (0-5) ya que éstos perdieron el 88.3 % de su firmeza inicial y los tratados con 1-MCP (300-5) el 44.2 %. Estos resultados coinciden con los reportados por varios autores quienes indican que uno de los principales atributos del 1-MCP es mantener la firmeza de la pulpa de frutos de mango (Chaiprasart y Hansawasdi, 2006; Penchaiya *et al.*, 2006; Osuna *et al.*, 2005). Por otro lado, Qiuping y Wenshui (2007) reportaron que el 1-MCP redujo notablemente la actividad de la poligalacturonasa (PG) en frutos de Jujube de la India almacenados a 21 °C y la firmeza se mantuvo alta por siete días. Estos autores confirman que el descenso de firmeza es uno de los procesos más sensibles al etileno

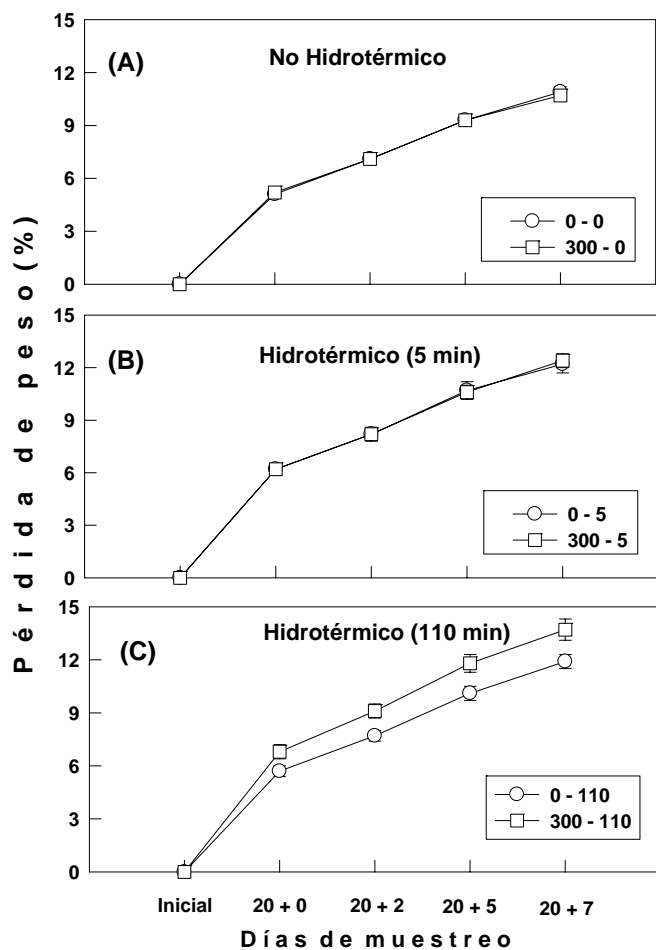


FIGURA 2. Pérdida de peso de frutos de mango 'Keitt' en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Cada punto representa la media de doce observaciones \pm error estándar.

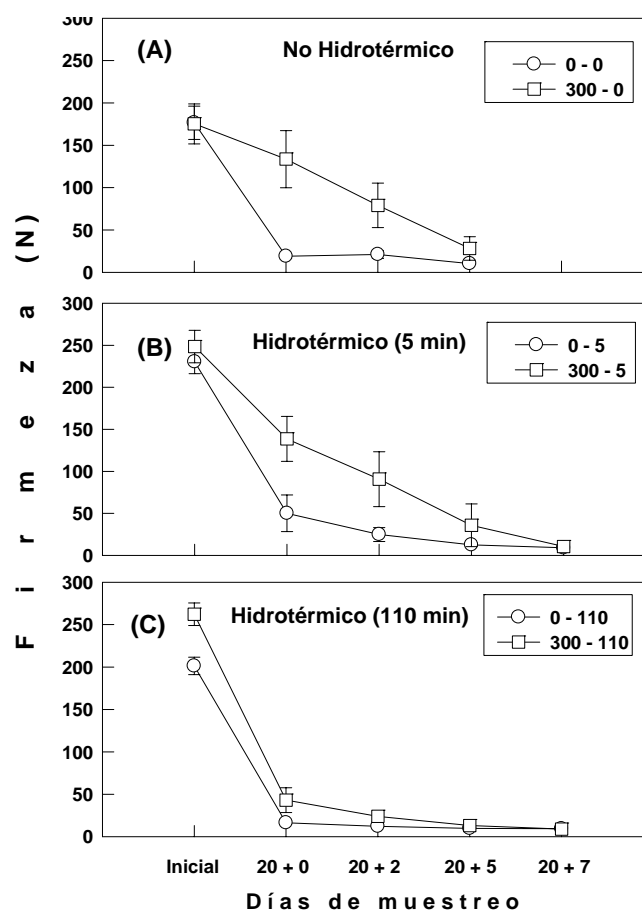


FIGURA 3. Firmeza de frutos de mango 'Keitt' en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Cada punto representa la media de doce observaciones \pm error estándar.

y que la acumulación del RNAm de la PG es regulada por el etileno; como el 1-MCP retrasó la velocidad de producción de etileno, se inhibió la expresión de la PG y por lo tanto también la pérdida de firmeza.

En lo que concierne a la poca o nula respuesta del 1-MCP en frutos con tratamiento hidrotérmico por 110 min (Figura 3C), esto pudiera deberse al efecto que tiene el tratamiento hidrotérmico prolongado, el cual puede causar un descenso en la actividad de la pectinesterasa y un aumento importante de la beta-galactosidasa como lo reportan Ketsa *et al.* (1998) en mango 'Nam Dokmai' tratado a 38 °C por tres días en una cámara con temperatura controlada y después almacenado a 25 °C con respecto al mango no tratado. Además se aúna a esto la ruptura de células y destrucción del mesocarpio causado en el tejido por el tratamiento hidrotérmico prolongado (Jacobi y Gowanlock, 1995). Estos datos sugieren que el 1-MCP es una tecnología viable para alargar la vida de anaquel de frutos de mango que pudieran ser comercializados en el mercado

nacional (ya que no se requiere tratamiento hidrotérmico) y para aquellos exportados a Canadá o la Unión Europea donde no se exige tratamiento hidrotérmico cuarentenario.

Color de pulpa (h)

El 1-MCP afectó significativamente la evolución del color de pulpa en frutos sin tratamiento hidrotérmico y aquellos tratados por 5 min pero no en los tratados por 110 min (Figura 4). En frutos sin tratamiento hidrotérmico (300-0) y en los tratados por 5 min (300-5), el 1-MCP retrasó el cambio de color de pulpa de verde-amarillento a amarillo-naranja con respecto al testigo (0-0) (Figuras 4A y 4B); sin embargo, al final del almacenamiento no se detectaron diferencias entre los diferentes tratamientos con 1-MCP y sus testigos, lo que indica que no se afectó la síntesis de carotenoides por efecto del 1-MCP. Chaiprasart y Hansawadi, (2006) en mango Nahm-dawg-mai-sri-tong y Penchaiya *et al.* (2006) en mango Nam Dokmai mencionan que el 1-MCP retrasó el desarrollo del color de pulpa. Con respecto a los frutos sin 1-MCP e hidrotérmico por 110 min y los frutos con 1-MCP e hidrotérmico (0-110 y 300-110, respectivamente) no hubo diferencias significativas en el ángulo de tono (h) durante los primeros cinco días después de su traslado a temperatura ambiente, lo que posiblemente se debió a que el tratamiento hidrotérmico acelera el proceso de la maduración ya que el día 20 + 0 la firmeza está notablemente disminuida (Figura 3C) y por consiguiente se acelera la síntesis de carotenoides.

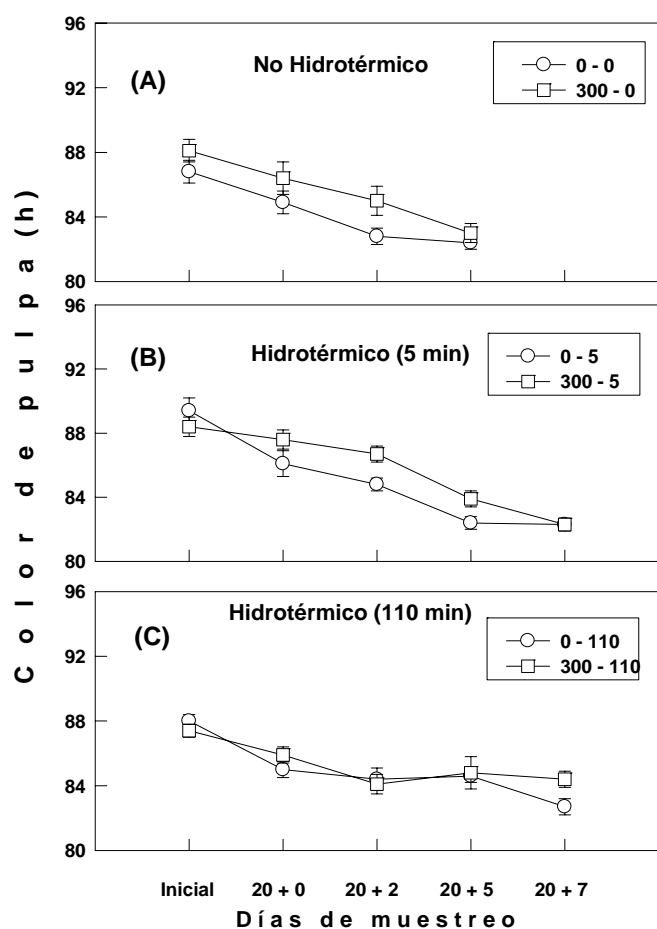


FIGURA 4. Color de pulpa de frutos de mango 'Keitt' en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Cada punto representa la media de doce observaciones \pm error estándar.

Sólidos Solubles Totales (SST)

Con relación al desarrollo de los SST, el 1-MCP sólo alteró su contenido en frutos sin tratamiento hidrotérmico (300-0) ya que se observaron valores promedio menores con respecto al testigo (0-0), pero al final del almacenamiento no hubo diferencias significativas en este parámetro (Figura 5A). Al respecto, Blankenship y Dole (2003) mencionan que el 1-MCP puede incrementar, reducir o mantener inalterado el desarrollo de los SST en función de la especie. Osuna *et al.* (2005) reportan que en mango 'Kent' tratado por 15 min con agua caliente, el 1-MCP retrasó el desarrollo de los SST en tanto que Silva *et al.* (2004) mencionan que el 1-MCP mantuvo sin cambios el desarrollo de los SST en las variedades Rosa y Espada. En lo que respecta a los frutos tratados con agua caliente por 5 o 110 min con y sin 1-MCP (Figuras 5B y 5C); la evolución de los SST fue estadísticamente igual durante el almacenamiento; esto significó que el aumento de los sólidos solubles en estos frutos se debió principalmente por efecto del tratamiento hidrotérmico y no por el 1-MCP.

Presencia de enfermedades

En la Figura 6 se presenta el porcentaje de frutos enfermos en respuesta a la aplicación del 1-MCP e hidrotérmico. Fue evidente que el 1-MCP no tuvo ningún

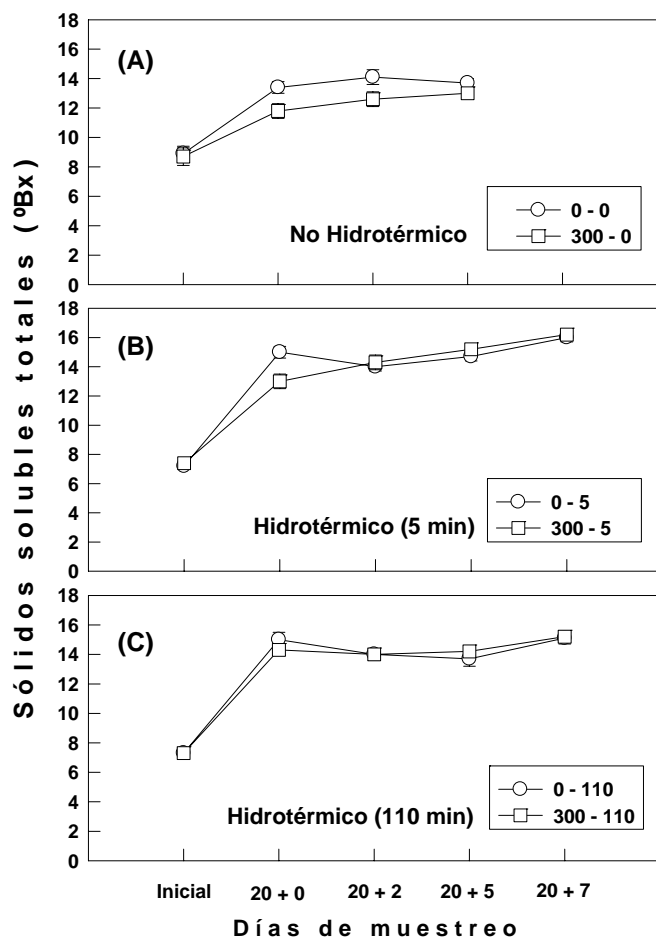


FIGURA 5. Evolución de los sólidos solubles totales de frutos de mango 'Keitt' en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Cada punto representa la media de doce observaciones \pm error estándar.

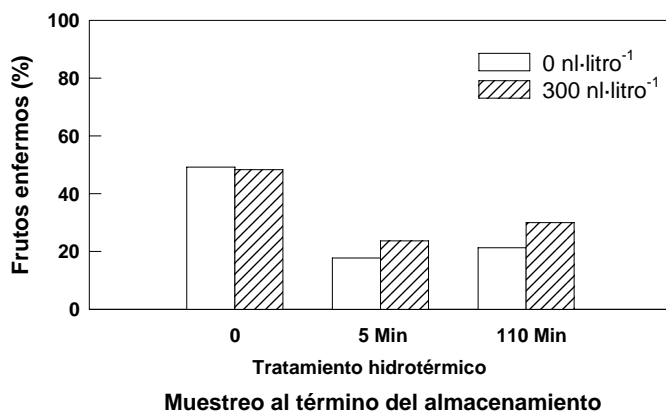


FIGURA 6. Presencia de frutos enfermos de mango 'Keitt' al término del almacenamiento en respuesta a la aplicación de 1-MCP e hidrotérmico durante simulación de traslado marítimo (20 días a 13 ± 2 °C y 85 ± 10 % HR) y luego almacenados al ambiente (22 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR).

efecto sobre el porcentaje de frutos enfermos siendo igual o superior al testigo sin tratar, lo que confirma que el 1-MCP no tiene acción fungicida y que en algunos casos se incrementa el daño, tal y como lo indican Hofman *et al.*, (2001) en mango 'Kensington Pride'. Sin embargo, Osuna y Beltrán (2004) manifiestan que el 1-MCP aminoró el daño por antracnosis en mango 'Kent', lo cual posiblemente se deba a una disminución de la velocidad de respiración y producción de etileno y no propiamente a una acción fungicida del 1-MCP. Sin embargo, fue obvio el efecto benéfico del tratamiento con agua caliente a 52 °C por 5 min que redujo en más del 50 % la presencia de frutos enfermos (Spalding y Reeder, 1986). Además, estos resultados coinciden con lo manifestado por Mei-Jiao *et al.* (2005), quienes indican que el 1-MCP solo, no controló antracnosis pero que la combinación de 1-MCP con agua caliente resultó en buen control de la enfermedad y en mayor vida de anaquel.

CONCLUSIONES

En frutos sin tratamiento hidrotérmico el efecto del 1-MCP fue evidente al retrasar el proceso de maduración. Bajo condiciones de tratamiento hidrotérmico por 5 min, el 1-MCP disminuyó su efectividad pero aún se logró retrasar la maduración de los frutos y la efectividad del 1-MCP fue significativamente afectada por el tratamiento hidrotérmico de 110 min, principalmente para las variables de firmeza de pulpa y pérdida de peso.

El 1-MCP no presentó ningún efecto sobre la presencia de enfermedades; sin embargo, el tratamiento con agua caliente por 5 min redujo en más de 50 % la presencia de frutos enfermos.

El 1-MCP en combinación con el tratamiento hidrotérmico de 5 min alargó hasta en cinco días la vida de anaquel de mangos 'Keitt' y podría ser una alternativa viable para aquellos mercados que no requieren tratamiento hidrotérmico cuarentenario para el control de mosca de la fruta.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th Ed. Published for the Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA., USA. 1006 p.
- BÁEZ, S. R.; BRINGAS, E.; OJEDA, J.; CRUZ, L.; ONTIVEROS, S.; PELLEGRIN, J. 1998. Norma de Calidad para Mango Fresco de Exportación. Boletín EMEX. 6 p.
- BLANKENSHIP, S. M. 2001. Ethylene effects and benefits of 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* (University of California) 108: 2-4.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- CHAI PRASART, P.; HANSAWASDI, C. 2006. Effect of 1-Methylcyclopropene on the Shelf Life of mango (*Mangifera*

- indica* Linn.) cv. 'Nahm-dawg-mai-sri-tong'. Abstracts for the 8th International Mango Symposium. South African. p. 68.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. W. 2002. Effect of 1-Methylcyclopropene on Ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biology and Technology* 23: 105-115.
- HOFMAN, P. J.; JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, G. F.; MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Aust. J. Exp. Agric.* 41(4): 567-572.
- JACOBI, K. K.; GOWANLOCK, D. 1995. Ultrastructural studies of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* L.) heat injuries. *HortScience* 30(1): 102-103.
- KANE, O.; MARCELLIN, P.; MAZLIAK, P. 1978. Incidence of ripening and chilling injury on the oxidative activities and fatty acid compositions of the mitochondria from mango fruits. *Plant Physiology* 61: 634-638.
- KETSA, S.; CHIDTRAGOOL, S.; KLEIN, J. D.; LURIE, S. 1998. Effect of heat treatment on changes in softening, pectic substances and activities of polygalacturonase, pectinesterase and beta-galactosidase of ripening mango. *Journal of Plant Physiology* 153: 457-461.
- LELIEVRE, J. M.; TICHIT, L.; LARRIGAUDIERE, M.; VENDRELL, M.; PECH, J. C. 1995. Cold-induced accumulation of 1-aminocyclopropane 1-carboxylate oxidase protein in Granny Smith apples. *Postharvest Biology and Technology* 5: 11-17.
- MEI-JIAO, H.; ZHAO-YIN, G.; MIN, L.; FENG-ZH, Y. 2005. Effect of hot water and 1-MCP treatment on the storage of mango fruits. *Science Journal of Fruit* 22(3): 243-246.
- MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. 1993. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 3: 77-86.
- NYANJAGE, M. O.; WAINWRIGHT, H.; BISHOP, C. F. H. 1999. Effects of hot-water treatment and storage temperature on electrolyte leakage of mangoes (*Mangifera indica* Linn.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74(5): 566-572.
- OSUNA G., J. A.; BELTRAN, J. 2004. El SmartFresh™ (1-MCP): Una nueva tecnología para exportar mango Kent a Europa o Japón. Desplegable para Productores. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla. Julio de 2004.
- OSUNA G., J. A.; BELTRAN, J.; URÍAS L. M. A. 2005. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(3): 271-278.
- PENCHAIYA, R.; JANSASITHORN, S.; KANLAVANARAT. 2006. Effect of 1-MCP on physiological changes in mango 'Nam Dokmai' *Acta Horticulturae* 712: 717-722.
- QIUPING, Z.; WENSHUI, X. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. *LWT-Food Science and Technology*. 40: 404-411.
- SAGARPA. 2006. Centro de estadística Agropecuaria. Delegación Estatal. Tepic, Nayarit.
- SAS. 1998. SAS user's guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N. C., USA.
- SAUCEDO, V. C.; ESPARZA, T. F.; LAKSHMINARAYANA, S. 1977. Effect of refrigerated temperatures on the incidence of chilling injury and ripening quality of mango fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 90: 205-210.
- SPALDING, D. H.; REEDER, W. F. 1986. Decay and acceptability of mangoes treated with combinations of hot water, imazalil, and g-irradiation. *Plant Disease* 70: 1149-1151.
- SILVA, S. M.; SANTOS, E. C.; SANTOS, A. F.; SILVEIRA, I. R.; MENDONÇA, R. M.; ALVES, R.E. 2004. Influence of 1-Methylcyclopropene on postharvest conservation of exotic mango cultivars. *Acta Horticulturae* 645: 565-572.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum*. 100(3): 577-582.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 40: 1-7.
- TOVAR, B.; GARCÍA, H. S.; MATA, M. 2001. Physiology of pre-cut mango I ACC and ACC oxidase activity of slices subjected to osmotic dehydration. *Food Research International* 34(2-3): 207-215.