

ALTERNATIVA COMERCIAL PARA EXTENDER VIDA DE ANAQUEL DE PAPAYA 'MARADOL'

J. A. Osuna-García¹; M. H. Pérez-Barraza;
V. Vázquez-Valdivia²; M. A. Urías-López

Campo 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: osuna.jorgealberto@inifap.gob.mx (¹Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y etileno (solos o en combinación) para manipular el proceso de maduración y extender vida de anaquel de papaya 'Maradol'. Durante el 2007 se realizaron tres ensayos: 1. Efecto del 1-MCP en papaya almacenada en condiciones de mercadeo y refrigeración más mercadeo; 2. Papaya tratada con 1-MCP y etileno y mezcla 1-MCP + etileno; 3. Evaluación comercial del 1-MCP y etileno en papaya. Se analizaron pérdida de peso, color externo, firmeza, color de pulpa y sólidos solubles totales. Se encontró que el 1-MCP a 100 nl·litro⁻¹ retrasó el desarrollo de color externo y pulpa e inhibió el ablandamiento de los frutos. También se observó que el etileno a dosis de 100 µl·litro⁻¹ aplicado después del 1-MCP no revirtió el efecto de éste, sin embargo, el 1-MCP aplicado después del etileno redujo la velocidad de ablandamiento y el desarrollo del color en cáscara y pulpa inducido por el etileno. Se concluye que el 1-MCP a 100 nl·litro⁻¹ por 12 horas aplicado después del etileno puede ser una técnica viable para manipular el proceso de maduración y alargar vida de anaquel de papaya 'Maradol'.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Carica papaya* L., etileno, 1-MCP, firmeza, color.

A COMMERCIAL ALTERNATIVE TO EXTEND SHELF-LIFE OF 'MARADOL' PAPAYA

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene (alone or combined) to handle the ripening process and to extend the shelf-life of 'Maradol' papaya. During 2007 three assays were conducted: 1. Effect of 1-MCP in papaya stored under marketing simulation and refrigeration plus marketing simulation; 2. Papaya treated with 1-MCP and ethylene and the mixture of 1-MCP plus ethylene; 3. Commercial evaluation of 1-MCP and ethylene on papaya. Weight loss, external color, firmness, pulp color and total soluble solids were evaluated. It was found that 1-MCP at 100 nl·liter⁻¹ delayed the development of external and pulp color, and inhibited the fruit softening. Also it was observed that ethylene at 100 µl·liter⁻¹ applied after 1-MCP was unable to reverse the 1-MCP effect. However, 1-MCP applied after ethylene delayed fruit softening and the development of skin and pulp color induced by the ethylene application. It was concluded that 1-MCP at 100 nl·liter⁻¹ for 12 hours applied after ethylene may be a viable technique to manipulate the ripening process and to extend the shelf-life of 'Maradol' papaya.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Carica papaya* L., ethylene, 1-MCP, firmness, color.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) se cultiva principalmente en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán con un volumen de producción de 919,425 t y un valor de producción de 2,696.9 millones de pesos (SIACON-SAGARPA, 2007). En Nayarit se reportaban alrededor de

1,000 ha pero en los últimos años la superficie ha disminuido hasta en 50 % debido a problemas fitopatológicos en campo, pérdidas en postcosecha de hasta el 40 % y a su corta vida de anaquel (SAGARPA, 2007). Sin embargo, la demanda de papaya a nivel mundial se incrementó durante la última década por lo que la investigación en el manejo y control de la maduración del fruto es importante (Jung-Chen *et al.*, 2007).

En frutos climatéricos como la papaya, el incremento en la tasa respiratoria y el inicio de la producción de etileno son etapas importantes en el proceso de maduración (Lelievre *et al.*, 1997). La señal del etileno generada durante este periodo dispara cambios como la conversión de almidones a azúcares solubles, modificación de la acidez, desarrollo de aromas, degradación de clorofila, síntesis de carotenoides y flavonoides así como ablandamiento de pulpa (Paull *et al.*, 1997). Bajo condiciones normales una vez que el proceso de maduración ha sido iniciado por el etileno, éste es irreversible, incontrolable y degenerativo lo que provoca que los frutos pierdan peso y apariencia, lo cual está estrechamente relacionado con genes que son altamente dependientes del etileno y que conllevan a la senescencia y deterioro de los frutos (Grierson, 1987).

Debido a que el deterioro de los frutos influenciado por el etileno es una de las principales causas de pérdidas postcosecha, se han investigado diversas maneras de controlar su efecto. Así, el 1-metilciclopropeno (1-MCP) es una alternativa para retrasar la maduración, ya que mantiene la calidad de frutos climatéricos y tiene mayor efecto en especies 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 (Sisler y Serek, 1997 y 1999; Blankenship, 2001). El 1-MCP fue autorizado para su uso en frutales en 2002 por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la cual lo catalogó como un producto bioquímico exento de residuos ya que pruebas de toxicidad aguda con el 1-MCP no mostraron signos de toxicidad o muerte (EPA, 2002).

El 1-MCP se ha usado con éxito en diversas variedades de papaya (Maradol, Solo, Rainbow, Sunrise, Solo y Golden) ya que mantiene la calidad y retrasa el proceso de maduración al disminuir la tasa respiratoria, la producción de etileno y el ablandamiento de frutos; así como el color de pulpa y cáscara, sin afectar de manera significativa los sólidos solubles totales y la pérdida de peso (Hofman *et al.*, 2001; Ergun y Huber, 2004; Osuna-García *et al.*, 2005; Jacomino *et al.*, 2007; Jung-Chen *et al.*, 2007; Manenoi *et al.*, 2007; Manenoi y Paull, 2007; Sañudo-Barajas *et al.*, 2008a). Sin embargo, Watkins (2006) menciona que aún y cuando el 1-MCP es una herramienta poderosa para manipular maduración y senescencia de varios productos hortícolas, habría que tomar en cuenta otros factores que incluyan el tipo de fruto u hortaliza, la variedad, el estado de madurez, el tiempo entre cosecha y tratamiento; así como la temperatura de aplicación, ya que pueden afectar la efectividad del 1-MCP.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del 1-MCP y etileno (solos o en combinación) para manipular el proceso de maduración y extender vida de anaquel de papaya 'Maradol'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo 1. Efecto del 1-MCP en papaya almacenada en condiciones de mercadeo y refrigeración más mercadeo

El ensayo se realizó en febrero-marzo de 2007. Los frutos de papaya 'Maradol' fueron donados por la organización 'Papaya Nayarit S. P. R. de R. L. de C. V.', los cuales fueron cosechados en estado de madurez de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ (dos a tres estrías de color amarillo, en un huerto localizado en Paso Real El Bejuco, municipio de Rosamorada, Nayarit, que corresponden a valor de 2 según escala propuesta por (Báez *et al.*, 1999). Se utilizaron frutos de calidad de exportación con tamaño uniforme y un peso de entre 1.5 y 2.0 kg, los cuales fueron lavados con una solución de benomilo a $500 \mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$ para prevenir antracnosis, secados al ambiente, envueltos individualmente en papel estraza empacados en cajas de cartón. Posteriormente, los frutos fueron trasladados al laboratorio postcosecha del INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla donde se les aplicó $100 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ de 1-MCP por 12 horas a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ y $75 \pm 10\%$ HR, se utilizó un contenedor de plástico hermético de 4 m^3 ($135 \times 163 \times 183 \text{ cm}$) y se conservó un testigo sin aplicar. Para lograr $100 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ de 1-MCP, se utilizó una tableta con $1,000 \mu\text{g}$ de ingrediente activo, la cual se disolvió en un recipiente que contenía 18 ml de solución activadora compuesta de ácido cítrico (8 %), citrato de sodio (2 %) y agua (90 %); así como una tableta activadora compuesta de bicarbonato de sodio (95 %), polietilenglicol (3 %) e hidroxipropil celulosa éter (2 %). Al término de la aplicación del 1-MCP los frutos fueron almacenados al ambiente ($21 \pm 2^\circ\text{C}$; $70 \pm 10\%$ HR) por 14 días o por siete días en refrigeración ($12 \pm 1.5^\circ\text{C}$; $85 \pm 5\%$ HR) y luego por 10 días al ambiente. Los muestreos de las frutas se realizaron para ambiente el día inicial y a los 3, 5, 7, 10, 12 y 14 días de almacenamiento; y en los frutos refrigerados, se realizó al inicio y al término de refrigeración y luego a los 3, 5, 7 y 10 días después del almacenamiento al ambiente. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso, color externo, firmeza, color de pulpa y sólidos solubles totales.

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). Se utilizaron 10 frutos que fueron pesados en cada periodo de evaluación; la diferencia en peso y su relación con el peso inicial se expresó en porcentaje de pérdida. El color externo se evaluó con base a la escala propuesta por Báez *et al.* (1999) que a continuación se describe: 1 = Verde brillante, 2 = Verde claro tendiendo a amarillo, 3 = Mayormente amarillo, y 4 = Totalmente amarillo con tonalidades naranja. La firmeza se midió con un penetrómetro Chatillón Modelo DFE-050 (Ametek Instruments, Largo, FL), con punzón cilíndrico de 10 mm de diámetro. En la parte media de cada fruto se eliminó la cáscara y se realizó una medición a cada lado del fruto, los datos se expresaron en Newtons (N). El color de la pulpa de tabla se evaluó con base a la escala

propuesta por Báez *et al.* (1999) donde 1 = Crema, 2 = Cambiante, 3 = Amarillo-naranja, 4 = Naranja, y 5 = Rojo. También se utilizó un colorímetro Minolta CR-10, y los valores se registraron como ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue). Los sólidos solubles totales (SST) se midieron mediante un refractómetro digital Atago PAL-1 (ATAGO® USA INC. Bellevue, WA) con corrección de temperatura (AOAC, 1984).

Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La pérdida de peso, el color externo y el color de pulpa de tabla se analizaron usando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (Dowdy y Wearden, 1991), en tanto que la firmeza, el ángulo de tono y los sólidos solubles se analizaron con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 1998).

Ensayo 2. Papaya tratada con 1-MCP y etileno y mezcla 1-MCP + etileno

El ensayo se realizó en marzo-abril de 2007 con frutos de papaya 'Maradol' cosechados en el mismo huerto y con un estado de madurez similar ($\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$, dos a tres estrías de color amarillo) al del primer ensayo. Se utilizaron frutos de calidad de exportación con tamaño uniforme de entre 1.5 y 2.0 kg de peso, los cuales fueron lavados con una solución de benomilo a 500 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$ para prevenir antracnosis, secados al ambiente, empacados en cajas de cartón y envueltos individualmente en papel estraza. Posteriormente los frutos fueron trasladados al laboratorio postcosecha del INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla donde se mantuvieron a 23 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ y 75 ± 10 % HR. A las papayas se les aplicó los siguientes tratamientos: 1) Testigo absoluto (sin aplicación); 2) Testigo etileno (100 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$); 3) Testigo 1-MCP (100 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$); 4) Primero 1-MCP (100 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$), después etileno (100 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$); 5) Primero etileno (100 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$), después 1-MCP (100 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$). En los tratamientos 3 y 4 la aplicación de 1-MCP se realizó por seis horas a 23 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ y 75 ± 10 % HR el día de cosecha de los frutos. En los tratamientos 2 y 4 se aplicó etileno usando el gas Etil 5 (Praxair®) por 24 horas a 23 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ y 75 ± 10 % HR, en un armazón portátil hermético de 4 m^3 a los cinco días después de cosechados los frutos. El tratamiento 5 que incluyó primero etileno, éste se aplicó por 24 horas a los cinco días después de cosechados los frutos e inmediatamente después se hizo la aplicación del 1-MCP por seis horas. Los muestreos se realizaron el día inicial y a los 5, 7, 10, y 14 días de almacenamiento. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso, color externo, firmeza, color de pulpa (de tabla y ángulo de tono) y sólidos solubles totales.

Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La pérdida de peso, el color externo y el color de pulpa de tabla se analizaron usando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (Dowdy y Wearden, 1991). La firmeza, el ángulo de tono y los sólidos solubles se analizaron con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 1998).

Ensayo 3. Evaluación comercial del 1-MCP y etileno en papaya

Este ensayo se realizó en el mes de septiembre de 2007 en la bodega de un distribuidor de papaya ubicado en la central de abastos de Morelia, Michoacán. Cuarenta cajas de frutos de papaya 'Maradol' que habían sido tratados previamente con 100 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$ de etileno por 24 horas fueron expuestas a 100 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ de 1-MCP por 12 horas a 24 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ y 70 ± 10 % HR. Se utilizaron tabletas que contenían 7.7 mg de 1-MCP, las cuales liberan 100 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ por cada 32 m^3 de volumen. Se compararon los tratamientos de etileno solo y etileno + 1-MCP. Los muestreos se realizaron diariamente hasta madurez de consumo. Las variables evaluadas fueron color externo, firmeza, color de pulpa y sólidos solubles totales. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. El color externo y el color de pulpa se analizaron usando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (Dowdy y Wearden, 1991), en tanto que la firmeza y los sólidos solubles se analizaron con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1. Efecto del 1-MCP en condiciones simuladas de mercadeo con almacenamiento al ambiente o refrigeración

a) Almacenamiento al ambiente

En la Figura 1 se presenta el efecto del 1-MCP en frutos de papaya almacenados al ambiente (21 ± 2 $^{\circ}\text{C}$; 70 ± 10 % HR). El 1-MCP retrasó significativamente el desarrollo de color externo, la pérdida de firmeza y color de pulpa (según tabla subjetiva), pero no afectó la pérdida de peso, sólidos solubles totales ni color de pulpa ($^{\circ}$ Hue), lo cual coincide con los resultados de varios autores (Ergun y Huber, 2004; Manenoi y Paull, 2007; Manenoi *et al.*, 2007). El 1-MCP retrasó significativamente el desarrollo de color externo y de pulpa pero al término del almacenamiento los frutos tratados mostraron valores similares a los testigos; sin embargo, en la variable firmeza se observó que los frutos testigos llegaron a madurez de consumo (aproximadamente 20 N) para el día 10 de almacenamiento, mientras que en los tratados con 1-MCP, la firmeza se mantuvo en los valores de corte durante los 14 días de almacenamiento. Esto indica que el 1-MCP inhibió por completo el ablandamiento de los frutos, lo cual pudo estar correlacionado con una pérdida selectiva de las hidrolasas de la pared celular (Manenoi y Paull, 2007; Sañudo-Barajas *et al.*, 2008b). Además, los frutos utilizados en este ensayo estaban en una etapa temprana del proceso de maduración (2-3 estrías de color amarillo), lo que coincidió con lo expuesto por Ergun y Huber (2004) y Jung-Cheng *et al.* (2007) quienes mencionaron que el 1-MCP aplicado en frutos al inicio del rompimiento de color provocó maduración irregular. Por otro lado Jacomino

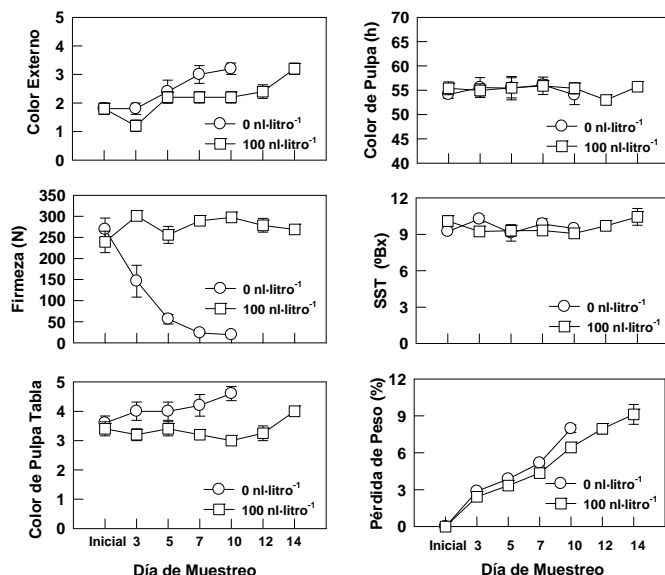


FIGURA 1. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en frutos de papaya 'Maradol' almacenados al ambiente (21 ± 2 °C; 70 ± 10 % HR). Cada punto representa la media de cinco observaciones \pm el error estándar, excepto para pérdida de peso que se consideraron 10 observaciones.

et al. (2007) concluyeron que a menor intervalo de cosecha (1, 2 y 3 días), el 1-MCP en dosis de $100 \text{ nl-litro}^{-1}$ mostró mayor efectividad en retrasar la maduración de papaya 'Golden'; sin embargo los frutos tratados el día de la cosecha no maduraron. Un comportamiento similar fue observado en este ensayo cuando el 1-MCP se aplicó el mismo día de la cosecha.

b) Almacenamiento refrigerado por siete días y después al ambiente

Los frutos tratados con 1-MCP y expuestos a almacenamiento refrigerado y luego al ambiente (Figura 2) no mostraron cambios significativos en la mayoría de las variables a excepción de la firmeza de pulpa, donde el efecto fue altamente significativo, ya que los frutos tratados al término del almacenamiento (después de 17 días de cosecha) mostraron valores de firmeza prácticamente iguales que al inicio del almacenamiento; en tanto que los frutos refrigerados durante siete días y almacenados por cinco días al ambiente mostraron valores de firmeza de consumo (aproximadamente 20 N). Esta inhibición del ablandamiento en papaya tratada con 1-MCP en etapas tempranas del proceso de maduración o en frutos aplicados el día de cosecha ha sido publicado por otros autores (Jacomino *et al.*, 2007; Jung-Chen *et al.*, 2007; Manenoi y Paull, 2007). Se ha comprobado que este retraso en el ablandamiento de los frutos es debido al efecto inhibitorio del 1-MCP sobre las enzimas que degradan la pared celular (Manenoi y Paull, 2007; Sañudo-Barajas *et al.*, 2009).

En estudios previos (Osuna-García *et al.*, 2005) realizados en papaya 'Maradol', indicaron que en condiciones simila-

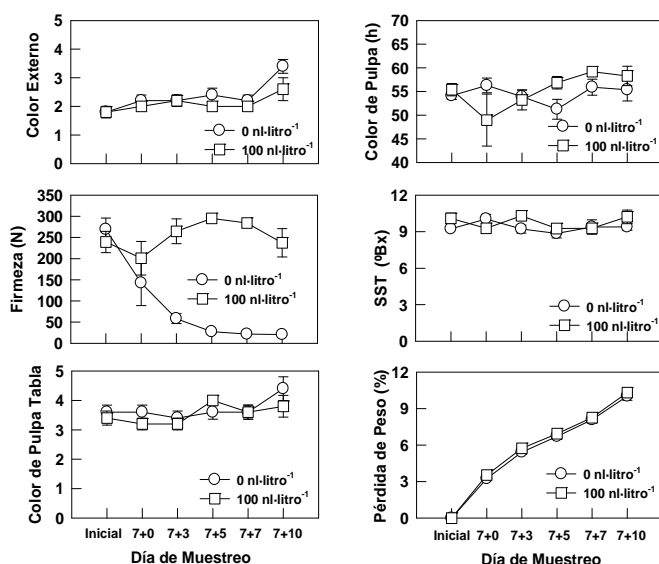


FIGURA 2. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en frutos de papaya 'Maradol' almacenados por siete días en refrigeración (12 ± 1.5 °C; 85 ± 5 % HR) y luego por 10 días al ambiente (21 ± 2 °C; 70 ± 10 % HR). Cada punto representa la media de cinco observaciones \pm el error estándar, excepto para pérdida de peso que se consideraron 10 observaciones.

res de almacenamiento al término de refrigeración los frutos testigos perdieron 56 % de su firmeza inicial, en tanto que los tratados con $100 \text{ nl-litro}^{-1}$ de 1-MCP fue del 25 % y los tratados con $200 \text{ nl-litro}^{-1}$ sólo el 6 %. Al término del almacenamiento los frutos tratados con 1-MCP mostraron valores de firmeza por arriba del valor de consumo, lo cual en ese momento se consideró como una característica deseable pero que posteriormente motivó la realización del ensayo 2.

Ensayo 2. Manipulación del proceso de maduración mediante 1-MCP y etileno

El efecto del 1-MCP y etileno independientes y combinados en frutos de papaya 'Maradol' almacenados al ambiente se ilustra en la Figura 3. Las variables significativamente afectadas fueron el color externo, la firmeza y el color de pulpa (la cual es una variable subjetiva y pudo estar influenciada por quien realizó las lecturas); mientras que el color de pulpa (°Hue), los sólidos solubles y la pérdida de peso prácticamente no se afectaron. En las tres variables afectadas significativamente, se observó que desde el día cinco de almacenamiento se formaron dos grupos, uno formado por el testigo absoluto, el tratamiento con sólo etileno y el tratamiento con aplicación de etileno y luego de 1-MCP; el segundo grupo estuvo integrado por el tratamiento con sólo 1-MCP y el tratado con 1-MCP y luego con etileno.

El 1-MCP retrasó el desarrollo del color externo y de pulpa, pero inhibió la tasa de ablandamiento aun cuando el etileno fue aplicado después del 1-MCP. De acuerdo con algunos autores, la biosíntesis de carotenoides y la degradación de clorofilas son eventos parcialmente regulados

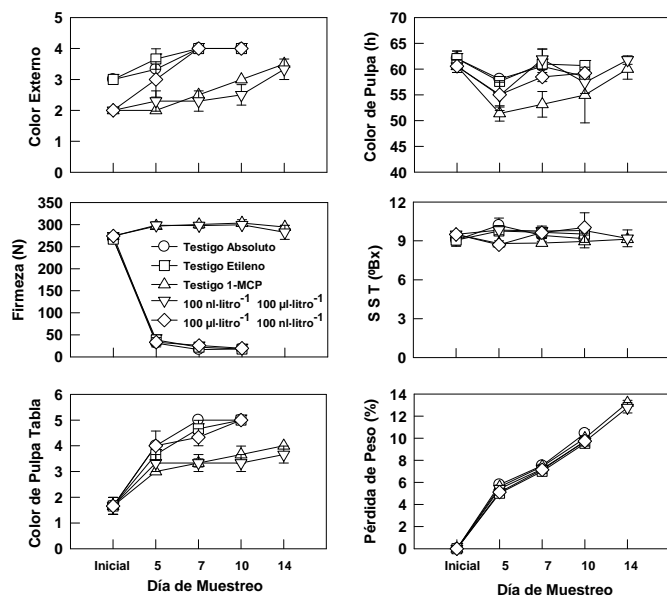


FIGURA 3. Efecto del 1-MCP y etileno independientes y combinados en frutos de papaya 'Maradol' almacenados al ambiente (23 ± 1 °C; 75 ± 10 % HR). Cada punto representa la media de cinco observaciones \pm el error estándar.

por el etileno (Lelievre *et al.*, 1997); en tanto que la tasa de ablandamiento es completamente dependiente del etileno, ya que cuando se aplicó el 1-MCP (bloqueador activo del etileno) el etileno exógeno aplicado posteriormente no fue capaz de revertir el efecto del 1-MCP, lo que según Hofman *et al.* (2001) se debe a que el fruto de papaya presenta una capacidad muy lenta para la regeneración de nuevos sitios receptores de etileno. Por otra parte, cuando se aplicó etileno + 1-MCP se observó que los frutos desarrollaron color y se ablandaron pero a menor grado de lo que lo hicieron los frutos tratados con solo etileno. De acuerdo con estos resultados, se intuye que la combinación de etileno + 1-MCP puede ser una estrategia viable para manipular el proceso de maduración de papaya en punto de venta, lo que motivó el tercer ensayo de este estudio.

Ensayo 3. Aplicación comercial del 1-MCP y etileno en papaya 'Maradol'

El efecto del etileno sólo y del etileno + 1-MCP en frutos de papaya 'Maradol' tratados comercialmente y almacenados al ambiente se muestra en la Figura 4. El 1-MCP aplicado a 100 nl·litro⁻¹ por 12 horas después de 24 horas de tratamiento con etileno a 100 µl·litro⁻¹ alargó la vida de anaquel y conservó la calidad de papaya, ya que mantuvo la firmeza de pulpa hasta por tres días adicionales sin deterioro de calidad. En el día de consumo los frutos presentaron una apariencia externa excelente, con buen desarrollo de color de cáscara y pulpa e inclusive hasta ligeramente más dulces que los tratados con etileno solo. Esta evaluación comercial es la aportación más significativa de este estudio ya que se aclaran las dudas en torno a

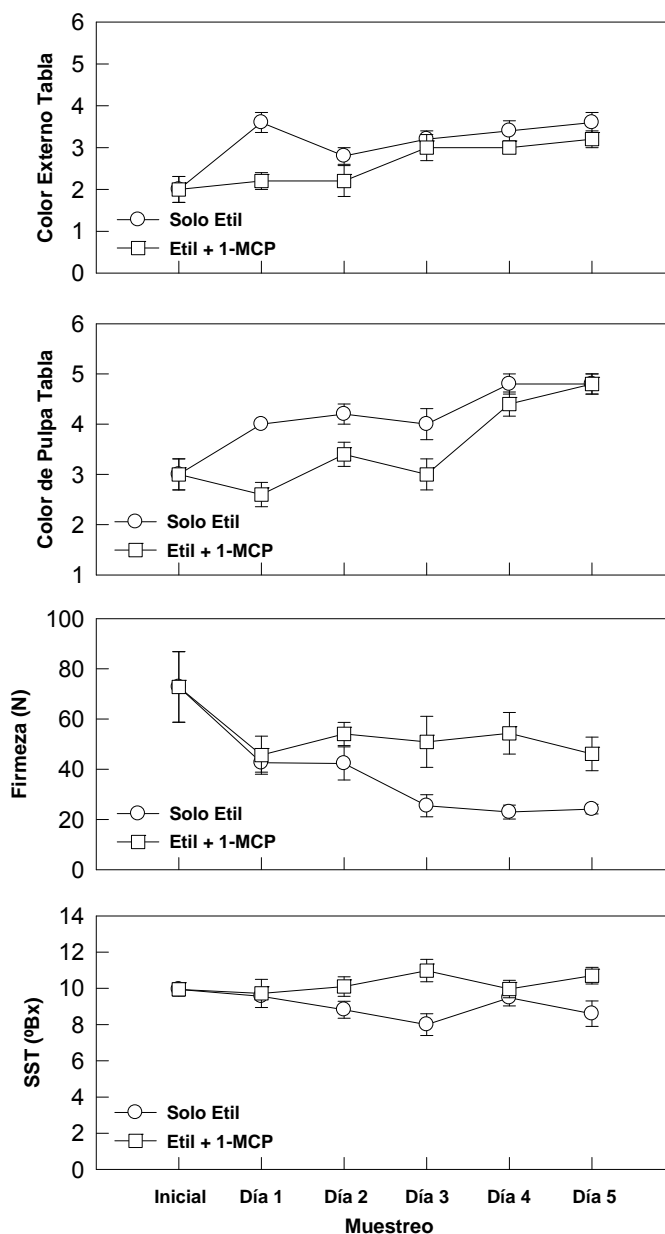


FIGURA 4. Efecto del etileno y del etileno + 1-MCP en frutos de papaya 'Maradol' almacenados al ambiente (24 ± 2 °C; 70 ± 10 % HR). Cada punto representa la media de cinco observaciones \pm el error estándar.

manipular el proceso de maduración en papaya lista para su venta y contradice la teoría de Blankenship y Dole (2003), quienes mencionaron que el 1-MCP debe aplicarse antes de cualquier exposición al etileno.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de almacenamiento al ambiente o refrigeración el 1-MCP a dosis de 100 nl·litro⁻¹ retrasó el desarrollo de color externo y de pulpa e inhibió el ablandamiento de los frutos de papaya 'Maradol'.

El etileno aplicado después del 1-MCP no fue capaz de revertir el efecto de éste; sin embargo, el 1-MCP aplicado después del etileno sí fue capaz de retrasar el desarrollo del color de cáscara y de la pulpa, así como el ablandamiento del fruto inducido por el etileno.

El proceso de maduración de la papaya 'Maradol' puede ser manipulado con la aplicación 1-MCP aplicado de manera comercial en dosis de 100 nl-litro⁻¹ por 12 horas después del etileno.

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, T. E.; OJEDA, J.; MERCADO, J. 1999. Normas de Calidad para Papaya Fresca. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora. 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.
- 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.
- DOWDY, S.; WEARDEN, S. 1991. *Statistics for Research*. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York, USA. 629 p.
- EPA. 2002. Federal Register, July 26. Environmental Protection Agency. 67 (144: 48796-48800).
- ERGUN, M.; HUBER, D. J. 2004. Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of 'Sunrise Solo' papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of development. *European Journal of Horticultural Science* 69: 184-192.
- GRIERSON, D. 1987. Senescence in fruits. *HortScience* 22: 859-862.
- 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.
- JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; ARRUDA, M. C.; KLUGE, R. A. 2007. Influence of the interval between harvest and 1-methylcyclopropene application on papaya ripening. *Rev. Bras. Frutic.* 29(3): 456-459.
- JUNG-CHEN, N.; MANENOI, A.; PAULL, R. E. 2007. Papaya postharvest physiology and handling - Problems and Solutions. *Acta Hort.* 740: 285-293.
- LELIEVRE, J. M.; LATCHE, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiol. Plant* 101: 727-739.
- MANENOI, A.; PAULL, R. E. 2007. Effects of 1-Methylcyclopropene (MCP) on papaya fruit ripening. *Acta Hort.* 740: 323-326.
- MANENOI, A.; BAYOGAN, E. R.; THUMDEE, S.; PAULL, R. E. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biology and Technology* 44(1): 55-62.
- OSUNA-GARCÍA, J. A.; BELTRÁN, J. A.; PÉREZ-BARRAZA, M. H. 2005. Mejoramiento de vida de anaquel y calidad de papaya 'Maradol' con 1-Metilciclopropeno (1-MCP). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 7-12.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology* 11(3): 165-179.
- SAGARPA. 2007. Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal. Tepic, Nayarit.
- SAÑUDO-BARAJAS, J. A.; SILLER-CEPEDA, J.; OSUNA-ENCISO, T.; MUY-RANGEL, D.; LÓPEZ-ÁLVAREZ, G.; LABAVITCH, J. 2008a. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-Metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(2): 141-147.
- SAÑUDO-BARAJAS, J. A.; SILLER-CEPEDA, J.; OSUNA-ENCISO, T.; MUY-RANGEL, D.; LÓPEZ-ÁLVAREZ, G.; OSUNA-CASTRO, J. A.; GREVE, C.; LABAVITCH, J. 2008b. Solubilización y despolimerización de pectinas durante el ablandamiento de frutos de papaya. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(2): 149-155.
- SAÑUDO-BARAJAS, J. A.; LABAVITCH, J.; GREVE, C.; OSUNA-ENCISO, T.; MUY-RANGEL, D.; SILLER-CEPEDA, J. 2009. Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolase. *Postharvest Biology and Technology* 51(2): 158-167.
- SAS. 1998. SAS user's guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N. C., USA.
- SIACON-SAGARPA, 2007. Subsistema de Información Agrícola. Información de cultivos 1980-2007. CD interactivo.
- 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.
- WATKINS, C. B. 2006. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) based technologies for storage and shelf life extension. *Int. J. Postharvest Technology and Innovation* 1(1): 62-68.