

MEJORAMIENTO DE VIDA DE ANAQUEL Y CALIDAD DE PAPAYA 'MARADOL' CON 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP)

J. A. Osuna-García^{1¶}; J. A. Beltrán²; M. H. Pérez-Barraza¹

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. Km 6 Carrtera Internacional a Santiago. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. MÉXICO Tel/ Fax (323) 235 0710. Correo-e: josunaga@tepic.megared.net.mx (¶Autor responsable).

²AgroFresh Inc. 727 Norristown road. Springhouse PA 19477-0904. USA.

RESUMEN

Se establecieron dos ensayos para evaluar el efecto de la concentración del 1-MCP sobre la vida de anaquel y calidad de papaya 'Maradol'. Para el primer ensayo se evaluaron tres concentraciones de 1-MCP (0, 100 y 200 nl-litro⁻¹), el cual se aplicó en cámaras experimentales herméticas de 0.512 m³ por 12 h a 12 ± 0.5 °C. Posteriormente los frutos se almacenaron por cuatro días a ambiente o por cuatro días en refrigeración y luego seis días a ambiente. Para el segundo ensayo se usó sólo la concentración de 200 nl-litro⁻¹ de 1-MCP comparada contra un testigo sin aplicación. La aplicación del 1-MCP se hizo en una cámara comercial de 50 m³ por 12 h a 12 ± 0.5 °C. Los frutos se almacenaron en refrigeración por seis días y luego se transfirieron a simulación de mercadeo. Se evaluó pérdida de peso, firmeza, color externo e interno, sólidos solubles totales y enfermedades. Se encontró que bajo condiciones de ambiente o refrigeración, el 1-MCP en la concentración de 200 nl-litro⁻¹ alargó la vida de anaquel y mantuvo calidad ya que disminuyó pérdida de peso, retrasó el desarrollo del color externo e interno y demoró la evolución de sólidos solubles, asimismo, redujo la presencia de enfermedades y mantuvo firmeza por mayor tiempo. En la evaluación semicomercial el 1-MCP en la concentración de 200 nl-litro⁻¹ demostró su potencial de coadyuvar a la exportación de papaya Nayarita a Canadá ya que alargó en seis días la vida de anaquel sin menoscabo de calidad.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Carica papaya* L., postcosecha, firmeza, color

IMPROVEMENT OF SHELF LIFE AND QUALITY OF PAPAYA 'MARADOL' WITH 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP)

ABSTRACT

Two essays were established to evaluate the effect of rates of 1-MCP on shelf life and quality of 'Maradol' papaya. We evaluated three concentrations of 1-MCP (0, 100 and 200 nl-liter⁻¹) for the first essay, the compound was applied in 0.512 m³ hermetical experiment chambers for 12 h at 12 ± 0.5 °C. Later, fruits were stored for four days at room temperature, four days under refrigeration, and six more days at room temperature. For the second essay, we only used the 200 nl-liter⁻¹ concentration of 1-MCP compared against a control with no application. Application of 1-MCP was done in a 50 m³ commercial chamber for 12 h at 12 ± 0.5 °C. Fruits were stored under refrigeration for six days and later were transferred to simulated market conditions. We evaluated weight loss, firmness, external and internal color, total soluble solids and diseases. We found that, under both room temperature and refrigeration conditions, 1-MCP at 200 nl-liter⁻¹ increased fruit shelf life and maintained fruit quality because it diminished weight loss, delayed the development of external and internal color, and delayed the evolution of soluble solids; likewise, it reduced disease incidence and maintained fruit firmness for longer time. In the semi-commercial evaluation, 1-MCP at 200 nl-liter⁻¹ demonstrated its potential as an aid in the exporting papaya of Nayarit, México, to Canada, because it increased shelf life without detracting quality.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Carica papaya* L., post-harvest, firmness, color.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en Nayarit, México, el cultivo de papaya se ha convertido en una alternativa para los productores del estado, sin embargo, bajo las condiciones de manejo, se tienen pérdidas postcosecha de hasta el

40 % y una corta vida de anaquel, por la alta tasa respiratoria y producción de etileno del fruto de papaya.

Una de las técnicas modernas para prolongar vida postcosecha y conservar calidad es a través del uso de

productos que inhiban la acción del etileno (Mitcham, 2001), tal es el caso del 1-MCP que bloquea al etileno al unirse a sus receptores en la célula e impide que éste desencadene la serie de reacciones que conllevan al proceso natural de maduración, como ablandamiento de tejidos, desintegración de la pared celular, degradación de pigmentos, desdoblamiento de almidones a azúcares solubles, entre otros (Sisler y Serek, 1997).

El descubrimiento del 1-MCP como inhibidor del etileno fue realizado por Blankenship y Sisler en 1996 (Mitcham, 2001). A partir de entonces se ha estudiado su efecto con buenos resultados en una gran cantidad de frutales y hortalizas retrasando el proceso de madurez, alargando la vida de anaquel y manteniendo la calidad, tal es el caso de manzano (Kang *et al.*, 2001), aguacate (Feng *et al.*, 2000; Jeong *et al.*, 2001; White *et al.*, 2001; Kluge *et al.*, 2002), limón (Arpaia, 1999), mango (Jiang y Joyce, 2000; Hoffman *et al.*, 2001) y papaya (Ergun y Huber, 2001; Hofman *et al.*, 2001; Sañudo *et al.*, 2001).

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar el efecto de las concentraciones del 1-MCP sobre la vida de anaquel y calidad de frutos de papaya 'Maradol' almacenada bajo condiciones ambientales y refrigeración, así como validar en forma semicomercial la mejor concentración de 1-MCP con simulación de exportación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo 1. Efecto de la concentración del 1-MCP sobre la calidad y vida de anaquel de frutos de papaya

El ensayo se realizó en abril del 2002 en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Nayarit utilizando la variedad de papaya 'Maradol' considerando frutos con $\frac{3}{4}$ de madurez (tres a cuatro estrías de color amarillo). Se usaron tres concentraciones del producto (0, 100 y 200 nl-litro⁻¹) con un tiempo de exposición de 12 horas a 12 ± 0.5 °C y 90 ± 5 % de humedad relativa (HR) introduciéndolas en cámaras experimentales de 0.512 m³ con 0.14 % 1-MCP. Una vez realizados los tratamientos los frutos se dividieron en dos lotes: a) ambiente (simulación mercado nacional; 24 ± 4 °C y 46 ± 10 % HR), b) cuatro días en refrigeración (simulación traslado a Canadá, 12 ± 0.5 °C y 90 ± 5 % HR) y posteriormente se expusieron al ambiente. Los caracteres que se evaluaron fueron:

Pérdida de peso. Se usó una báscula portátil digital con capacidad de 1,200 g y aproximación de 0.1 g (Ohaus corp Florham Park, NJ). Se marcaron 10 frutos que fueron pesados periódicamente durante toda la etapa de evaluación. La diferencia en peso y su relación con el peso inicial fue expresada como pérdida de peso en porcentaje.

Firmeza. Se evaluó empleando un penetrómetro Shimp modelo FGE-50 (Shimp Instruments, Itasca IL),

adaptado con punzón cilíndrico de 10 mm de diámetro. A cada fruto se le hizo un corte longitudinal de aproximadamente 0.5 cm para eliminar la epidermis y se realizó una medición a cada lado del mismo expresando la lectura en Newtons.

Color externo. Se evaluó con base en 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.

Color de pulpa. Se evaluó con base en la escala propuesta por Báez *et al.* (1999) donde 1 = Crema, 2 = Cambiante, 3 = Amarillo-naranja, 4 = Naranja, y 5 = Rojo.

Sólidos solubles totales (SST). Se determinó mediante el uso de un refractómetro manual Atago ATC-1E con corrección por temperatura, mismo que se calibró con agua destilada (AOAC, 1984).

Enfermedades fungosas. Al final del estudio se evaluó la presencia de frutos dañados por enfermedades y sus valores se expresaron en porcentaje de frutos dañados.

Los caracteres se evaluaron cada dos días para ambiente y para refrigeración al término de ésta y posteriormente cada dos días. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Pérdida de peso, color externo, color de pulpa y enfermedades se analizaron usando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (Dowdy y Wearden, 1991), en tanto que firmeza y sólidos solubles se analizaron con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 1998).

Ensayo 2. Evaluación semicomercial del 1-MCP sobre la calidad y vida de anaquel de frutos de papaya 'Maradol'.

El ensayo se realizó en agosto del 2002 en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Nayarit utilizando frutos de papaya 'Maradol' considerando frutos con $\frac{1}{2}$ de madurez (dos estrías de color amarillo). Se usó la concentración de 200 nl-litro⁻¹ con un tiempo de exposición de 12 horas a 12 ± 0.5 °C y 90 ± 5 % de HR en una cámara comercial de 50 m³. El testigo se mantuvo en otra cámara bajo condiciones similares de temperatura y HR. Una vez aplicado el tratamiento, los frutos se almacenaron por seis días en refrigeración (simulación traslado a Canadá, 12 ± 0.5 °C; 90 ± 5 % HR) y posteriormente a ambiente (24 ± 3 °C; 70 ± 10 % HR). Se analizaron los mismos caracteres que en el ensayo anterior realizándolos de la misma manera. Se tomaron muestreos al inicio, al término de refrigeración y luego cada tres días. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Pérdida

de peso, color externo, color de pulpa y enfermedades se analizaron usando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis (Dowdy y Wearden, 1991), en tanto que firmeza y sólidos solubles se analizaron con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1. Efecto de la concentración del 1-MCP sobre la calidad y vida de anaquel de frutos de papaya

Los caracteres de pérdida de peso, color externo e interno presentaron diferencias significativas entre el testigo y los tratados, sin embargo, no diferencias entre las concentraciones de 1-MCP (Figura 1). Para pérdida de peso, el 1-MCP hubo en promedio una reducción del 15.9 %, lo cual es importante ya que en México la mayoría de la papaya se comercializa sin refrigeración y el hecho de

disminuir significativamente la pérdida de peso impactaría positivamente en beneficio del comercializador. El 1-MCP redujo el cambio de color externo y color de pulpa en 27.5 y 32.5 %, respectivamente, posiblemente por una disminución en la degradación de pigmentos tal y como lo señalaron Sisler y Serek (1997).

En el caso de firmeza, los frutos aplicados con la concentración de 100 $\text{nl}\cdot\text{L}^{-1}$ mostraron un 40.5 % más firmeza que los no tratados (Figura 1), en tanto que los tratados con 200 $\text{nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ casi duplicaron el valor de firmeza, lo cual confiere a estos frutos una mayor vida de anaquel, lo que coadyuvaría por un lado a alcanzar mercados más distantes y por el otro a disminuir pérdidas. Lo anterior coincide con lo reportado por Ergun y Huber (2001), Hofman *et al.* (2001) y Sañudo *et al.*, (2001) quienes manifiestan que el 1-MCP contribuyó a mantener la firmeza de los frutos por mayor tiempo resultando en una mayor vida de anaquel.

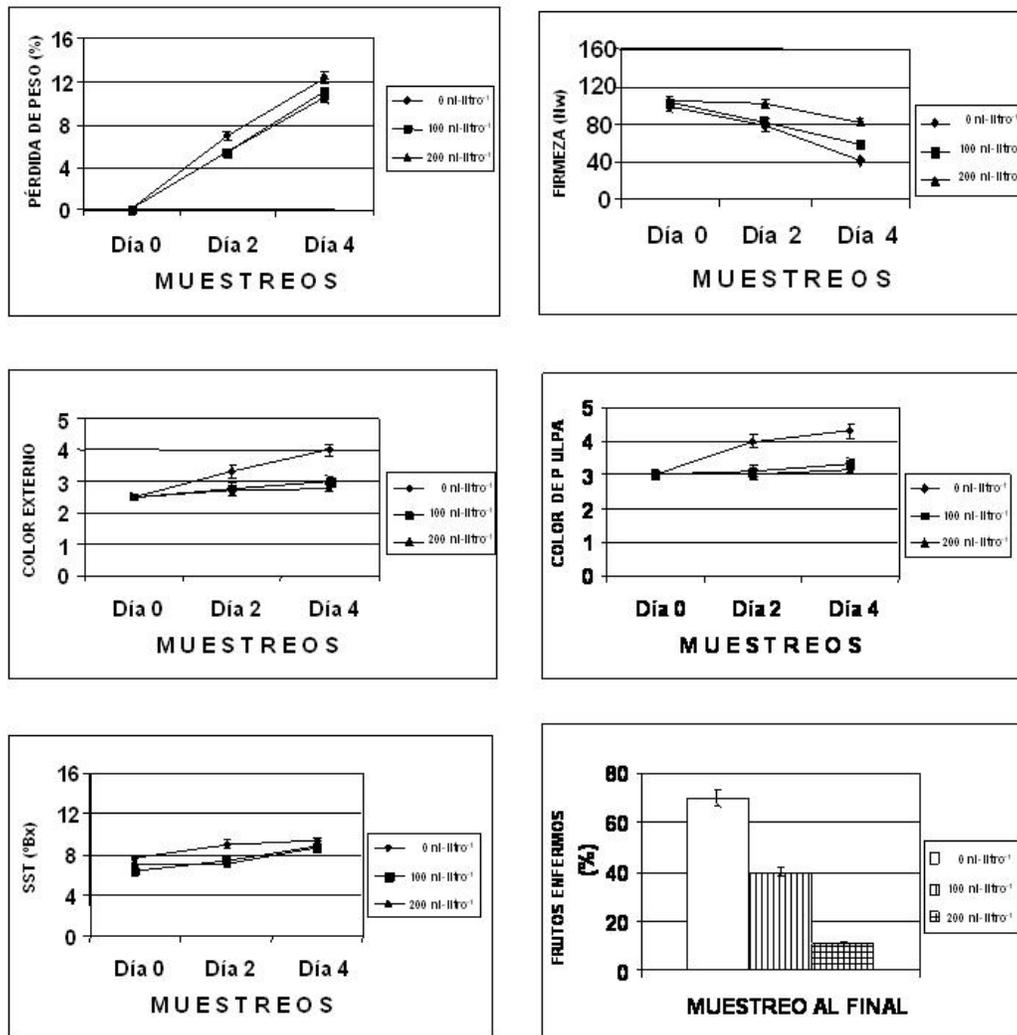


FIGURA 1. Efecto de la concentración del 1-MCP en la vida de anaquel y calidad de frutos de papaya 'Maradol' almacenada bajo condiciones de temperatura y humedad relativa ambientes (simulación mercado nacional). Cada punto es el promedio de cuatro repeticiones \pm el error estándar.

Con respecto a la presencia de enfermedades fungosas, fue notable el efecto del 1-MCP en esta variable ya que la concentración de $200 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ redujo de 70 a 10 % el porcentaje de frutos enfermos. Esto es contradictorio a lo comentado por Hofman *et al.* (2001) quienes reportaron que el tratamiento de 1-MCP en papaya estuvo asociado a ligeros incrementos en daños por enfermedades. Por otro lado, también se observó que la acumulación de sólidos solubles fue inicialmente afectada por la aplicación del 1-MCP ya que los frutos tratados con 100 o $200 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ mostraron valores menores a los del testigo a los dos días del almacenamiento, sin embargo, al término del almacenamiento ya no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Los resultados de la evaluación de la concentración del 1-MCP para alargar vida de anaquel y mantener calidad de papaya almacenada bajo condiciones cuatro días de refrigeración y posterior almacenamiento a simulación de traslado a Canadá (Figura 2), se observó que el tratamiento

con 1-MCP disminuyó la pérdida de peso, detectándose diferencias significativas entre los frutos testigo y los tratados en las primeras etapas del muestreo siendo al final sólo significativas para la concentración de $200 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ con una reducción del 12 % de pérdida en comparación al testigo.

Para el caso de firmeza, el efecto del 1-MCP fue mayor la diferencia bajo condiciones de refrigeración que bajo condiciones de almacenamiento a ambiente. Al término de refrigeración los frutos testigos habían perdido un 56 % del valor inicial de firmeza, los tratados con $100 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ de 1-MCP habían perdido 25 % y los tratados con $200 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ sólo el 6 %. Al término de la evaluación los frutos tratados con $100 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ superaban en un 27 % el valor de firmeza de los testigos en tanto que los tratados con $200 \text{ nl}\cdot\text{litro}^{-1}$ lo hacían con el 67 % (Figura 2). Esto es importante ya que como se mencionó anteriormente esta condición es la simulación de traslado a Canadá, país que está demandando cantidades importantes de papaya Nayarita.

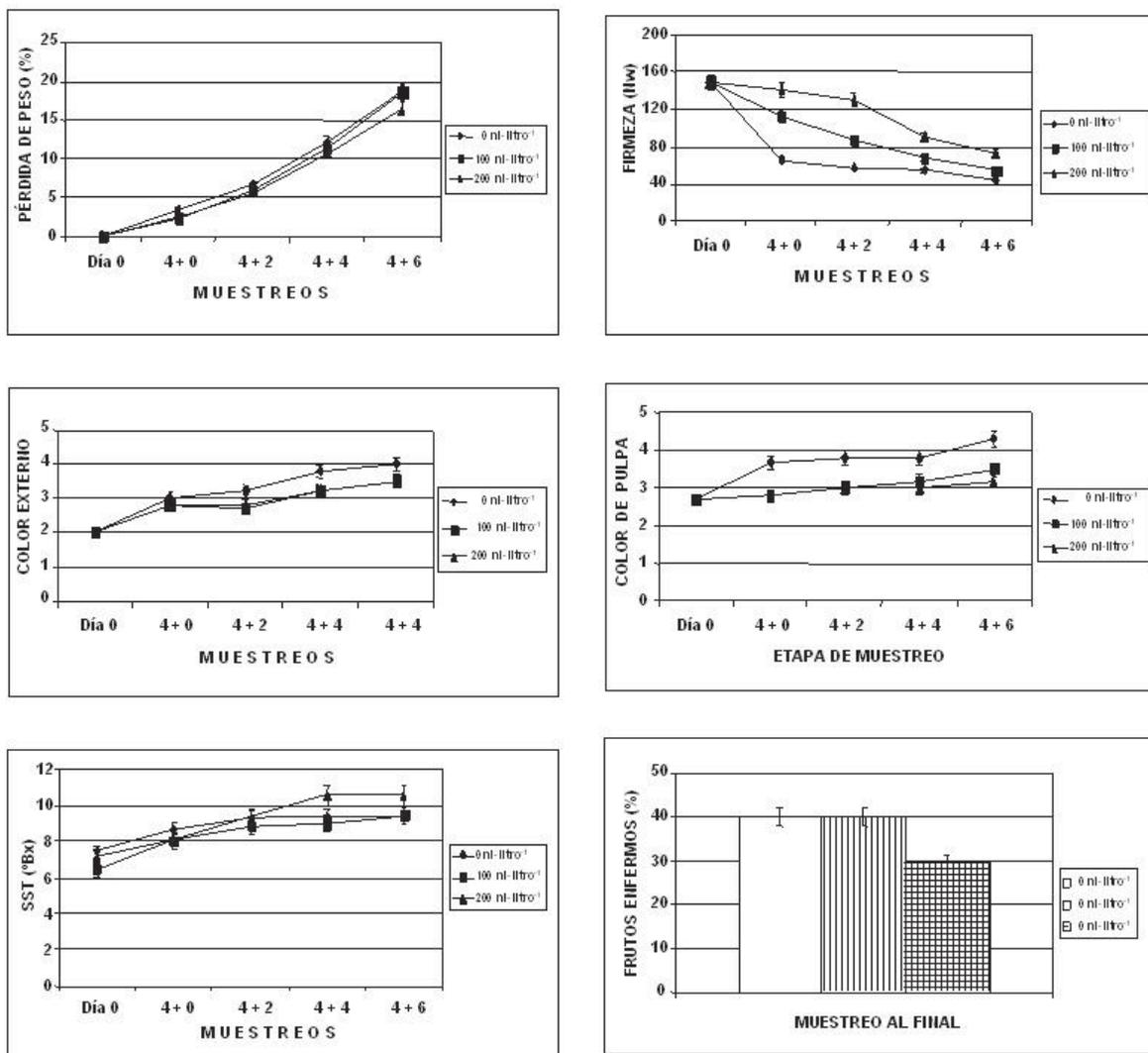


FIGURA 2. Efecto de la concentración del 1-MCP en la vida de anaquel y calidad de fruto de papaya 'Maradol' almacenada por cuatro días en refrigeración y posteriormente ambiente. Cada punto es el promedio de cuatro repeticiones \pm el error estándar.

Los datos muestran los frutos testigos llegarían muy forzados y se tendría un periodo muy corto para su comercialización. En contraste, los frutos tratados con 200 nl-litro⁻¹ de 1-MCP sólo perdieron el 6 % de su firmeza inicial y mantuvieron valores superiores a los del testigo al término de refrigeración inclusive hasta el final del almacenamiento. Lo anterior daría mayor flexibilidad para la comercialización y se disminuirían pérdidas postcosecha.

En lo referente a color externo y color de pulpa, se observó una tendencia muy similar a la obtenida bajo condiciones de almacenamiento a ambiente, se detectaron diferencias significativas entre los frutos testigo y los tratados pero no diferencias significativas entre las concentraciones de 1-MCP. Esta situación se dio también para el comportamiento de los sólidos solubles, los que al final del almacenamiento mostraron diferencias entre los frutos testigo y los tratados sin detectarse diferencias entre las concentraciones de 1-MCP.

Para enfermedades, se detectó diferencia significativa sólo para la concentración de 200 nl-litro⁻¹ de 1-MCP con una reducción de 25 % de frutos enfermos. Con estos resultados fue posible determinar que el 1-MCP alargó la vida de anaquel de los frutos de papaya y mantuvo calidad ya que la concentración de 200 nl-litro⁻¹ disminuyó significativamente la pérdida de peso, retrasó el desarrollo del color externo y de pulpa y la evolución de los sólidos solubles totales, además, redujo la presencia de enfermedades y mantuvo firmeza por mayor tiempo.

Ensayo 2. Evaluación semicomercial del 1-MCP sobre la calidad y vida de anaquel de frutos de papaya 'Maradol'

El 1-MCP no afectó pérdida de peso ni sólidos solubles totales pero sí firmeza, color externo, color de pulpa y enfermedades (Figura 3). El efecto del 1-MCP en firmeza fue notable ya que aun estando en refrigeración los frutos

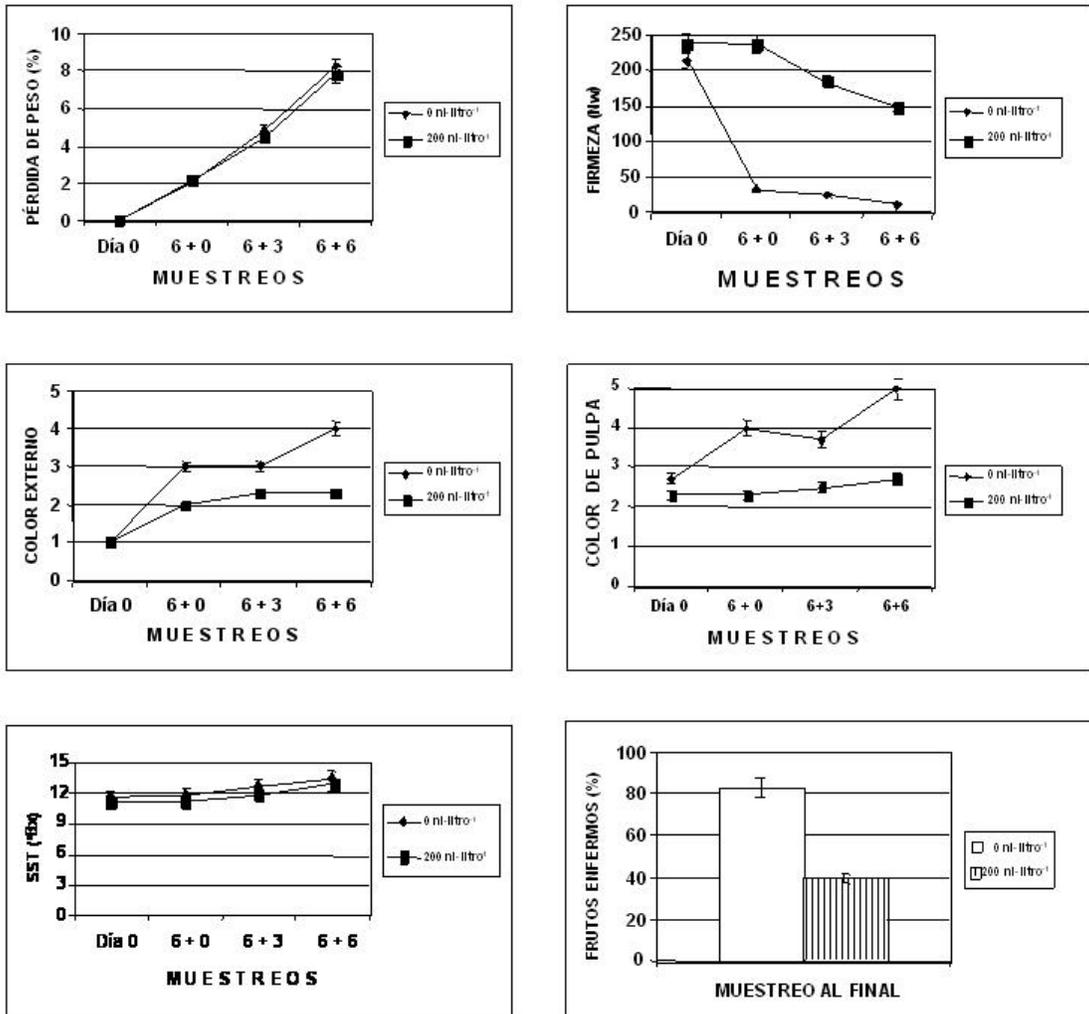


FIGURA 3. Efecto del 1-MCP en la vida de anaquel y calidad de papaya 'Maradol' en el ensayo semicomercial con seis días de refrigeración y posteriormente ambiente (simulación traslado a Canadá). Cada punto es el promedio de cuatro repeticiones ± el error estándar.

testigos perdieron 85 % de su valor inicial en tanto que los tratados solo perdieron el 1 %. Con esto se confirman los resultados del ensayo anterior y de los reportados por Erbun y Huber (2002), Hofman *et al.* (2001) y Sañudo *et al.* (2001) quienes señalaron que el 1-MCP mantiene la firmeza por mayor tiempo y alarga la vida de anaquel que para este caso fue de seis días. Asimismo, el efecto del 1-MCP fue notorio para color externo y de pulpa, ya que al término de la evaluación los frutos sin tratar llegaron al máximo valor de la escala (Figura 3), es decir, el valor ideal para su consumo mientras que los tratados mostraron valores que corresponden a frutos en su estado ideal para distribución y venta al consumidor (Báez *et al.*, 1999). También el efecto del 1-MCP sobre la presencia de enfermedades fue patente ya que los frutos tratados mostraron solo el 50 % de frutos enfermos en comparación al testigo. Cabe mencionar que el 1-MCP no es un fungicida, sin embargo, al disminuir los procesos fisiológicos de respiración y etileno, retrasa la aparición de enfermedades. Al respecto se han reportado resultados contradictorios del efecto del 1-MCP sobre la presencia de enfermedades. Hofman *et al.* (2001) mencionaron que el tratamiento con 1-MCP en papaya estuvo asociado a incrementos del daño por enfermedades en tanto que otros autores mencionaron que el 1-MCP redujo la decoloración del mesocarpio debida a daño por frío en aguacate (Pesis *et al.*, 2002), disminuyó el oscurecimiento interno de piña (Selvarajah *et al.*, 2001) y disminuyó la presencia de enfermedades en chabacano (Dong *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de almacenamiento a ambiente o refrigeración, el 1-MCP a 200 nl-litro⁻¹ alargó la vida de anaquel de papaya y mantuvo calidad ya que disminuyó la pérdida de peso, retrasó el desarrollo de color externo y color de pulpa y la evolución de los sólidos solubles, además redujo enfermedades y mantuvo firmeza por mayor tiempo.

En la evaluación semicomercial el 1-MCP en 200 nl-litro⁻¹ demostró su potencial para coadyuvar a la exportación de papaya Nayarita a Canadá ya que alargó en seis días la vida de anaquel sin menoscabo de calidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica de Nayarit, especialmente a la M. C. Martha Lorena Guzmán Robles, Directora de la Carrera de Procesos Agroindustriales, por haber facilitado sus instalaciones para el desarrollo de estos estudios.

LITERATURA CITADA

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th Ed. Published for the Association of Official Analytical Chemist Inc. Arlington, VA.,

- USA. 1006 p.
- ARPAIA, M. L. 1999. 1-MCP as a storage life enhancer for lemons. Annual Report of the citrus Research Board. Visalia, CA., USA. 4 p.
- BÁEZ S., R.; BRINGAS T., E.; OJEDA, J.; MERCADO, J. 1999. Norma de calidad para papaya fresca. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, Sonora. 6 p.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. 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. 1999. Statistics for Research. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New York, USA. 629 p.
- ERGUN, M.; HUBER, D. 2001. Delaying papaya fruit ripening by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 36(4): 319 (Abstract).
- FENG, X.; APELBAUM, A.; SISLER, E.; GOREN, R. 2002. Control of ethylene responses in avocado fruits with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 20(2): 143-150.
- 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. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 567-572.
- JEONG, J.; HUBER, D. J.; SARGENT, S. A. 2001. 1-methylcyclopropene (1-MCP) delays ripening and extends storage life of 'Simmonds' avocado. *HortScience* 36(3): 468.
- JIANG, Y.; JOYCE, D. 2000. Effects of 1-methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruits. *Annals of Appl. Biol.* 137(3): 321-327.
- KANG, C. K.; KIM, S. E.; LEE, J. M.; KIM, Y. K.; JUNG, J. H. 2001. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality, ethylene evolution, and respiration in apple 'Tsugaru' and 'Fuji'. *HortScience* 36(3): 468.
- KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; OJEDA, R. M.; BRACKMANN, A. 2002. Avocado ripening inhibition by 1-methylcyclopropene. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 37(7): 895-901.
- MITCHAM, B. 2001. 1-MCP, the next revolution in postharvest technology? *Perishables Handling Quarterly* 108: 1-34.
- PESIS, E.; ACKERMAN, M.; BEN-AIRE, R.; FEYGENBERG, O.; FENG, X.; APELBAUM, A.; GOREN, R.; PRUSKY, D. 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24: 171-181.
- SAÑUDO B., A.; SILLER, J.; BÁEZ, M.; LEÓN, O. 2001. Efecto del SmartFresh™ sobre la firmeza de frutos de papaya: Inhibición de PG y CX. Memorias del IX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Oaxtepec, Morelos, México. p. 328.
- SAS. 1998. SAS user's guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N. C., USA.
- SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A.; JOHN, P. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 23: 167-170.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum* 100(3): 577-582.
- WHITE, A.; WOLF, A.; ARPAIA, M. L. 2001. Long term storage of 'Hass' avocado using 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* 108: 21-23.