

EFFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) SOBRE LA FISIOLOGÍA Y CALIDAD DE FRUTOS DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

M. Mata-Montes de Oca^{1¶}; J. A. Osuna-García²;
A. Hernández-Estrada¹; M. Ochoa-Villarreal¹;
B. Tovar-Gómez¹

¹Laboratorio de Investigación en Alimentos, Instituto Tecnológico de Tepic.
Av. Tecnológico Núm. 2595. Tepic, Nayarit. C. P. 63175 MÉXICO.
Tel y Fax (311) 211 94 00.

Correo-e: mmata@tepic.megared.net.mx ([¶]Autor responsable)

²INIFAP-C. E. Santiago Ixcuintla. Apartado Postal Núm. 100.
Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. MÉXICO. Tel. (323) 235 07 10.
Correo-e: josunaga@tepic.megared.net.mx

RESUMEN

Debido a sus características de color y sabor de pulpa, la demanda de fruta de jaca se ha incrementado considerablemente. La mayoría de la producción de Nayarit es exportada a los Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, debido a su corta vida de anaquel y susceptibilidad al daño por frío la fruta es exportada vía aérea con altos costos de flete. Se reporta que el 1-Metilciclopropeno (1-MCP) retarda el proceso de madurez, alarga la vida de anaquel y mantiene la calidad de varios frutales, así que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del 1-MCP sobre la fisiología y calidad del fruto de jaca almacenado a 20 °C. Las frutas fueron cosechadas en madurez fisiológica, lavadas y tratadas con 1-MCP a 100 y 300 nL-litro⁻¹ en cámaras selladas por 12 h a 20 ± 1 °C; 85 ± 5 % de HR manteniendo un testigo sin tratar. Las variables evaluadas fueron: velocidad de respiración y de producción de etileno, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza de la pulpa y de la fruta entera, color en la pulpa y pérdida de peso. El 1-MCP no afectó la mayoría de las variables de calidad pero retrasó significativamente la velocidad de respiración y la producción de etileno así como el ablandamiento de la pulpa, lo que permitió prolongar la vida de anaquel hasta por ocho y 12 días a 100 y 300 nL-litro⁻¹, respectivamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: velocidad de respiración, producción de etileno, firmeza, vida de anaquel.

EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP) ON THE PHYSIOLOGY AND QUALITY OF JACK FRUIT (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

ABSTRACT

The Jack fruit demand has increased significantly due to its flavor and pulp color. Most of the Mexico's Nayarit State production is intended for exporting to the USA. However, due to its relative short shelf life and sensitivity to chilling injury, exported fruits are shipped by plane generating high freight costs. It is stated that 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays the ripening process, extends shelf life and maintains quality of several fruits. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of 1-MCP on the physiology and quality of jack fruit stored at 20 °C. Fruits were harvested at physiological ripening stage, washed, and treated with 1-MCP at 100 and 300 nL-liter⁻¹ in sealed chambers for 12 h at 20 ± 1 °C; 85 ± 5 % RH keeping a control. Respiration rate, ethylene production, total soluble solids, titratable acidity, fruit and pulp firmness, pulp color and weight loss were studied. 1-MCP did not affect most of the quality variables; however, it significantly delayed respiration rate, ethylene production and pulp softening extending the shelf life for eight and 12 days at 100 and 300 nL-liter⁻¹, respectively.

ADDITIONAL KEY WORDS: respiration rate, ethylene production, firmness, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) es una fruta múltiple, climatérica y es sensible al daño por frío durante su almacenamiento, aunque se ha reportado que temperaturas entre 20 a 25 °C son adecuadas para madurar la jaca (Ong *et al.*, 2006; Kader, 1992). Se consumen todas las partes de la fruta, excepto la cáscara; los gajos constituyen la parte comestible con sabor azucarado, aroma y color muy atractivos (Roy y Joshi, 1995). Kader (2002), reporta una velocidad de producción de CO₂ de 50-55 ml·kg⁻¹·h⁻¹ en el pico climatérico a 20 °C para esta fruta; lo cual sugiere una fruta perecedera con poca vida de anaquel.

El 1-Metilciclopropeno (1-MCP) es un compuesto muy estable, el cual a concentraciones tan bajas como 1 ml·litro⁻¹ puede bloquear la acción del etileno en frutos de manzanas al enlazar el receptor en las células, previniendo que el etileno desencadene la serie de reacciones que promueven el proceso de la maduración y senescencia de las frutas, extendiendo así su vida postcosecha (Sisler y Serek, 1997; Blankenship y Dole, 2003). También se ha reportado que la concentración de 1-MCP requerida para evitar la maduración de las frutas varía ampliamente con el cultivar, estado de madurez en el momento de aplicar el 1-MCP, el tiempo, temperatura y método de aplicación (Blankenship y Dole, 2003). El 1-MCP ocasiona disminución de la velocidad de respiración y de producción de etileno en ciruela 'Santa Rosa' (Salvador *et al.*, 2003) y retrasa la aparición del pico climatérico en plátano y aguacate (Jiang *et al.*, 1999; Feng *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2006). Asimismo, Song *et al.* (1997) demostraron que el 1-MCP previene la producción de etileno en el climaterio, disminuye la respiración y la producción de compuestos volátiles en manzanas 'Golden Delicious'. Estos cambios aumentan la vida postcosecha de estos frutos. Las pruebas de toxicidad aguda del 1-MCP no mostraron signos clínicos de toxicidad o la muerte (EPA, 2002). Debido a lo anterior es extremadamente seguro tanto para el hombre, animales y el medio ambiente.

Un segmento del mercado de Estados Unidos, consume casi la totalidad de la fruta producida en Nayarit. Sin embargo, debido a su vida de almacenamiento tan corta (tres o cuatro días a 25 °C) y a que sufre daño por frío a temperaturas menores a 15 °C, la fruta se exporta empleando el transporte aéreo, el cual eleva el costo y crea problemas de comercialización (SAGARPA, 2005). Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del 1-MCP sobre la fisiología y calidad del fruto de jaca almacenado a 20 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la temporada 2005 con frutos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), de forma ovada y elipsoide, cosechados en madurez fisiológica en un huerto localizado en Ixtapa de la Concepción, municipio

de Compostela, Nayarit. La madurez fisiológica se consideró evaluando la velocidad de escurrimiento del látex al hacer una insición en el pedúnculo (0.5 ml·s⁻¹), además del aroma y el sonido hueco del fruto al golpearlo. Los frutos fueron lavados, y sumergidos por 5 min en una solución de 2-(4-tiazolil)-1H-bencimidazol (20 mg·litro⁻¹) para prevenir hongos, secados al aire y luego aplicados con el 1-MCP en dos dosis (100 y 300 nl·litro⁻¹) más un testigo sin aplicar. El 1-MCP se aplicó por 12 h a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de humedad relativa (HR), en cámaras experimentales herméticas de 0.512 m³ de plástico fabricadas por Europlast^(R). Dentro de cada cámara se colocó solución de NaOH saturado, como absorbedor de CO₂ y un ventilador para homogeneizar el aire de la atmósfera de la cámara. Para la aplicación del 1-MCP se utilizaron tabletas especialmente diseñadas para liberar cada una 100 nl·litro⁻¹ de ingrediente activo del 1-MCP en la cámara utilizada. Para lograr las dosis utilizadas en cada cámara en forma independiente y simultánea se utilizaron una y tres tabletas disueltas en 18 ml de solución activadora compuesta de ácido cítrico (8 %), citrato de sodio (2 %) y agua (90 %), más una tableta efervescente compuesta de bicarbonato de sodio (95 %), polietilenglicol (3 %) e hidroxipropil celulosa éter (2 %), para liberar los 100 y/o 300 nl·litro⁻¹, respectivamente. Posteriormente, los frutos fueron almacenados a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de HR hasta alcanzar la madurez de consumo. Las variables evaluadas fueron: velocidad de respiración y de producción de etileno, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza de la pulpa y de la fruta entera, color en la pulpa y pérdida de peso.

Para la determinación de la velocidad de respiración (ml·kg⁻¹·h⁻¹) y producción de etileno (l·kg⁻¹·h⁻¹); se colocó un fruto por recipiente hermético por 2 h y después se tomó 1 ml del espacio de cabeza y se analizó utilizando un cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard modelo 6890 provisto de dos detectores, uno de conductividad térmica sensible al CO₂ y otro de ionización a la flama sensible al etileno, 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. Los sólidos solubles totales (°Brix) se analizaron en 2 g de pulpa de Jaca homogeneizada obtenida de 5 bulbos de la parte central del fruto, empleando un refractómetro marca Bellingham Stanley Limited con corrección por temperatura calibrado con agua destilada (AOAC, 1984). La acidez titulable se determinó mediante la valoración de 1 g de muestra de pulpa de jaca con NaOH 0.05 N (meq. totales por 100 g de muestra) y se expresó en porcentaje de ácido cítrico. La firmeza se efectuó utilizando un penetrómetro marca Shimpo empleando una punta de prueba de 10 mm de diámetro, en tres diferentes puntos del diámetro ecuatorial de cada fruto, el promedio de los resultados se expresaron en Newtons (N). Para la determinación del color

en la pulpa de la jaca, se empleó un colorímetro Minolta CR300 y se reportó como ángulo de tono (h). La pérdida de peso se determinó empleando una balanza digital marca TOR-REY con capacidad de 20 kg y 0.5 g de precisión en 10 frutos que se pesaron diariamente; la diferencia en peso con respecto al original se expresó como el porcentaje de pérdida de peso.

Todas las variables excepto velocidad de respiración, producción de etileno y pérdida de peso, fueron analizadas en frutos diferentes ya que estas mediciones fueron destructivas. La velocidad de respiración y producción de etileno fueron analizadas en cuatro frutos; la pérdida de peso en 10 frutos, el resto de las determinaciones (destructivas) en cuatro frutos. Cada análisis se realizó por triplicado. La velocidad de respiración, de producción de etileno y la pérdida de peso fueron analizadas diariamente desde la aplicación del 1-MCP hasta su madurez de consumo. Las demás variables se analizaron a los 7 y 14 días y madurez de consumo. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones mediante el modelo general lineal (GLM) del SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de respiración (VR) y de producción de etileno (VPE)

En la Figura 1 se muestra que el valor máximo de la

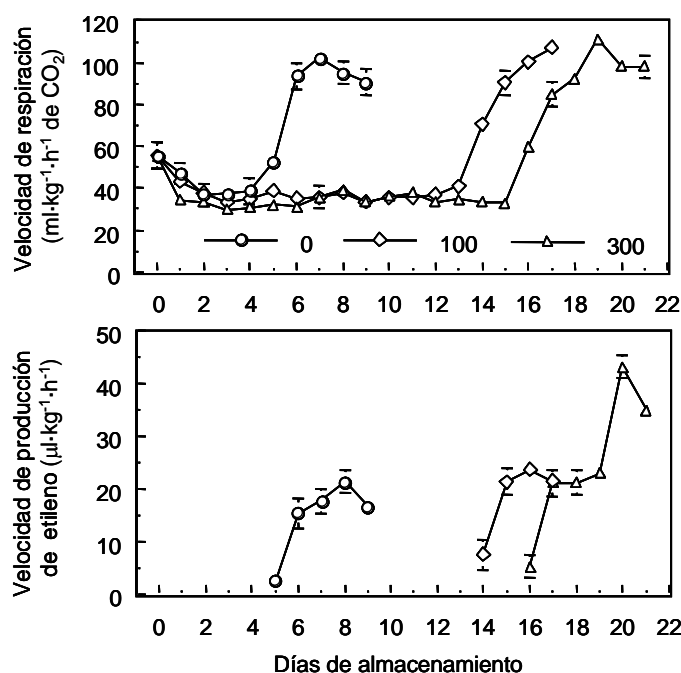


FIGURA 1. Velocidad de respiración y producción de etileno en la fruta de jaca sin (0) y con 100 y 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP (100 y 300) por 12 h durante su almacenamiento a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de HR. Cada punto representa la media de cuatro observaciones ± error estándar.

VR se encuentra el día siete en los frutos testigo de jaca y los días 17 y 19 para los frutos tratados con 100 y 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP, siendo de 90.7, 106.9 y 111.4 ml·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente. Este máximo corresponde al pico climatérico, aunque en los frutos tratados con 100 nL-litro⁻¹ de 1-MCP no se encuentra bien definido ya que sólo se elevó la VR y la madurez de consumo coincidió con este día por lo que los frutos ya no se siguieron evaluando. Se observa de igual manera que el etileno sólo se detectó hasta los días cinco, 14 y 16 para los frutos con 0, 100 y 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP, respectivamente y esto coincide con la elevación en la VR en los tres casos. Lelièvre *et al.* (1997) mencionan que el etileno juega un papel importante en la maduración de los frutos y dispara las reacciones que participan en la respiración. Así, la VR se eleva sólo hasta que se eleva la producción de etileno, el cual podría ser el autocatalítico. El 1-MCP no inhibió la producción de etileno sólo la retrasó, ocasionando también el retraso en la aparición del pico climatérico, como lo reportan varios autores (Song *et al.*, 1997; Jiang, *et al.*, 1999; Feng *et al.*, 2000; Salvador *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2006). La jaca es una fruta múltiple y el efecto del 1-MCP se hace evidente y similar a la respuesta observada en los frutos climatéricos que no son múltiples, tal es el caso como el plátano (Oliveira *et al.*, 2006). Es importante señalar que la máxima VPE se encontró en los frutos de jaca tratados con 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP, mientras que el testigo presentó un comportamiento similar al observado en los frutos tratados con 100 nL-litro⁻¹. La máxima VPE se encontró a los 8, 16 y 30 días para la jaca con 0.100 y 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP, siendo de 21.4, 23.7 y 43.2 µl·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente.

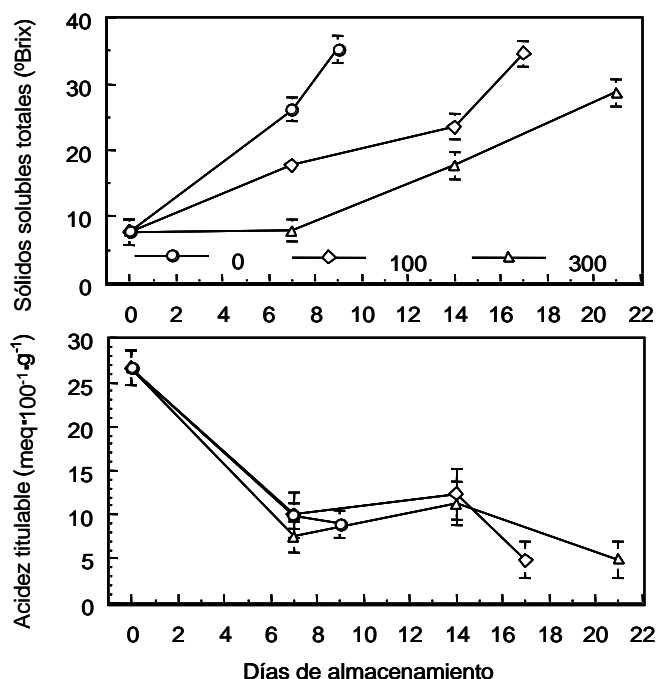


FIGURA 2. Sólidos solubles totales y acidez titulable en la fruta de jaca sin (0) y con 100 y 300 nL-litro⁻¹ de 1-MCP (100 y 300) por 12 h durante su almacenamiento a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de HR. Cada punto representa la media de cuatro observaciones ± error estándar.

Sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable

Los SST (Figura 2) en los frutos de jaca testigos mostraron la evolución característica observada en los frutos climatéricos como el plátano (Cordenunsi y Lajolo, 1995) y de acuerdo a como lo reportan Ong *et al.* (2006) en frutos de jaca; se elevaron conforme el fruto maduró, al igual que su VR; su máximo contenido se presentó dos días después de la aparición del pico climatérico (día 9, 35.3 °Brix) y coincidió con la madurez de consumo. Es evidente que la concentración empleada de 1-MCP afecta la evolución de este parámetro ya que los cambios de SST fueron más lentos y menores en los frutos de jaca tratados con 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP, al compararlos con los frutos testigo y los tratados con 100 nl·litro⁻¹. Sin embargo, en la madurez de consumo, la cual se encontró a los 17 y 21 días para los frutos tratados con 100 y 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP, respectivamente; sólo en estos últimos se observó un valor promedio menor (28.7 °Brix) al testigo, el cual fue diferente estadísticamente. Este comportamiento podría deberse a que la concentración de 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP pudo ser excesiva para este fruto no permitiendo una adecuada maduración. Es bien sabido que los SST provienen de la degradación del almidón y éste se degrada por la acción de las enzimas amilasas, fosforilasas y la alfa-1,4-glucan-fosforilasas, siendo las dos últimas enzimas de síntesis y de degradación, respectivamente. Se ha reportado que el almidón en la jaca para la variedad firme aumenta de 1.1 a 16.4 % en fruta fresca conforme alcanza su madurez de consumo (Azizur *et al.*, 1999), aunque Kader (2002) encontró de un 15 a un 20 % en peso fresco en la jaca inmadura; el almidón se convierte principalmente en azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa. Oliveira *et al.* (2006) reportaron que la cantidad de proteína de la beta amilasa en frutos de plátano tratados con 1-MCP fue indetectable, aunque se presentó una fuerte inducción de la transcripción de esa enzima como resultado de la recuperación de la capacidad para la producción de etileno autocatalítico. Aparecida *et al.* (2006) encontraron que la actividad de la fosforilasa en el plátano es inducida durante la maduración postcosecha y que está asociada con la degradación del almidón; la regulación de la actividad de fosforilasa dependió principalmente de la expresión del gen y la ausencia de la percepción al etileno causada por el 1-MCP tuvo un efecto positivo para la expresión de la fosforilasa, causando la degradación del almidón cuando la beta amilasa está inhibida. Sin embargo, este efecto puede ser revertido por el aumento del nivel del etileno, ya sea el autocatalítico o el exógeno. Debido a lo anterior, podría ser que en la jaca ocurriera lo que sucede en el plátano y que el aumento lento de los SST antes de que se produzca el etileno autocatalítico se atribuya a la actividad de la fosforilasa. Aunque este comportamiento difiere con otros autores ya que Osuna *et al.* (2005) no encontraron diferencias estadísticas significativas en este parámetro en frutos de mango 'Kent' testigo y tratados con diferentes concentraciones de 1-MCP.

En la Figura 2 también se muestran los cambios en la

acidez titulable. El descenso de la acidez titulable en los frutos tratados con 1-MCP siguió el comportamiento mostrado en los frutos testigo, indicando así que el efecto del 1-MCP sobre este parámetro no es significativo. Aunque en la madurez de consumo los frutos tratados con 100 y 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP presentaron una acidez titulable de 0.31 y 0.32 % de ácido cítrico, respectivamente y fueron estadísticamente valores menores al observado en los frutos testigo en la madurez de consumo (0.57 % de ácido cítrico). Blankenship y Dole (2003) mencionan que algunos cultivares presentan efecto del 1-MCP sobre la acidez titulable y otros no. Así, el 1-MCP no afectó la acidez titulable en el albaricoque (Dong *et al.*, 2002) o las manzanas 'Red Chief' durante el almacenamiento a varias temperaturas (Mir *et al.*, 2001). Perera *et al.* (2003) reportaron que el 1-MCP no tiene efecto sobre la acidez titulable en rebanadas de manzana precortadas, lo cual podría deberse a que este parámetro es menos dependiente del etileno. Así, en la jaca esto podría explicar el comportamiento encontrado de la acidez titulable.

Firmeza en pulpa y en la fruta entera

El efecto del 1-MCP sobre la firmeza tanto en la pulpa como en la fruta entera (Figura 3) fue evidente. Mientras que en los frutos testigo la firmeza en pulpa y en la fruta entera descende inmediatamente, en los frutos con tratamiento con 1-MCP el descenso es paulatino y descende drásticamente después del día 14 de almacenamiento,

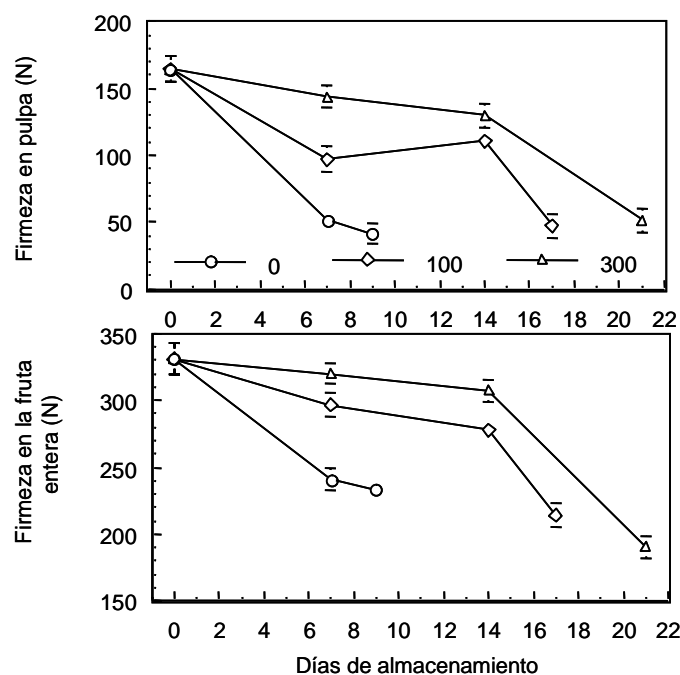


FIGURA 3. Firmeza en pulpa y en la fruta entera de jaca sin (0) y con 100 y 300 nl·litro⁻¹ de 1-MCP (100 y 300) por 12 h durante su almacenamiento a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de HR. Cada punto representa la media de cuatro observaciones ± error estándar.

retrasándose su pérdida; para posteriormente disminuir. El etileno causa un gran efecto sobre la firmeza debido a que estimula la actividad de las enzimas que degradan la pared celular (Abeles *et al.*, 1992); y esto fue evidente en los frutos de jaca ya que la firmeza descendió más rápidamente cuando en los frutos se empezó a detectar etileno (Figura 1). También se observó que a mayor concentración de 1-MCP aplicada a los frutos mayor será el retraso en la pérdida de la firmeza. Así, el tratamiento con 1-MCP prolonga por ocho y 12 días más la firmeza tanto en la pulpa como en el fruto entero tratados con 100 y 300 nl-litro^{-1} de 1-MCP, respectivamente, permitiéndole un manejo más adecuado postcosecha y facilitando así su transporte por vía terrestre, con el resultado de un menor costo para el productor.

La firmeza en la pulpa en el día de consumo no presentó diferencias estadísticas significativas en los tres tratamientos, esto indica que la pérdida de la firmeza se retrasa pero al madurar los frutos se igualan al testigo manteniéndose la misma calidad en los frutos tratados con 1-MCP. En el día de consumo, la firmeza en la fruta presentó un valor más alto en el testigo y menores valores en los frutos tratados con 1-MCP; esto quizá lo ocasionó la pérdida de agua durante el almacenamiento, haciendo menos flexible estos tejidos.

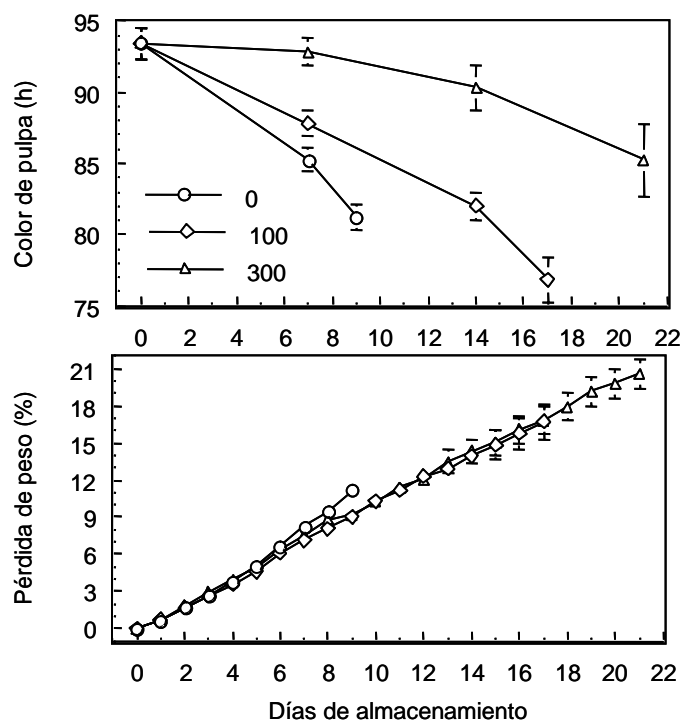


FIGURA 4. Color de pulpa (h) y pérdida de peso en frutas de jaca sin (0) y con 100 y 300 nl-litro^{-1} de 1-MCP (100 y 300) por 12 h durante su almacenamiento a 20 ± 1 °C y 85 ± 5 % de HR. Cada punto representa la media de cuatro observaciones \pm error estándar en el color de la pulpa y diez observaciones \pm error estándar en la pérdida de peso.

Color de pulpa (h) y pérdida de peso

El color de la pulpa de los frutos de jaca varió de amarillo pálido a naranja, siendo la pulpa de los frutos de jaca tratados con 100 nl-litro^{-1} de 1-MCP los que presentaron el color naranja más intenso en el día 17 de almacenamiento, cuando se compara con los testigos que alcanzaron la madurez de consumo al final del almacenamiento (Figura 4). La cantidad más elevada de 1-MCP afectó de forma importante el color de los gajos ya que éstos no desarrollaron completamente el color naranja y aunado a que estos frutos presentaron el menor contenido de SST, la calidad de la pulpa por lo tanto fue menor. Por otro lado, debido al mayor tiempo de almacenamiento estos frutos presentaron una mayor pérdida de peso, 20 % el día 21 de almacenamiento (Figura 4); lo que afecta la apariencia externa del fruto haciéndolo inadecuado para la comercialización debido a que se eleva su costo. Debido a lo anterior se considera que los frutos tratados con 100 nl-litro^{-1} de 1-MCP y almacenados a 20 °C representan el mejor tratamiento, aunque todavía cabe la posibilidad de emplear como tratamiento alternativo 50 nl-litro^{-1} de 1-MCP con lo que se evitarían las pérdidas de peso elevadas y aunque es posible que sólo se aumente cuatro días más la vida de anaquel; con este tiempo sería suficiente para lograr el transporte de los frutos por vía terrestre y evitar daños mecánicos en los frutos y asegurar su calidad en el mercado terminal.

CONCLUSIONES

El 1-MCP no afectó la mayoría de las variables de calidad pero retrasó significativamente la velocidad de respiración y la producción de etileno así como el ablandamiento de la pulpa, lo que permitió prolongar la vida de anaquel hasta por ocho y 12 días a 100 y 300 nl-litro^{-1} , respectivamente.

El 1-MCP a dosis de 100 nl-litro^{-1} podría ser utilizado para la exportación de jaca por vía terrestre hacia los Estados Unidos porque alarga vida de anaquel, mantiene calidad, minimiza pérdidas postcosecha y reduce los costos del transporte.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sistema Nacional de la Educación Tecnológica (CoSNET) el apoyo financiero otorgado para la realización del presente trabajo bajo el proyecto de investigación con clave 407.04-P y al Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Nayarit (COCYTEN) por la beca otorgada a los estudiantes.

LITERATURA CITADA

AOAC 1984. Official Methods of Analysis. 14th. Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. 1141p.

- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. Jr. 1992. Ethylene in plant biology. Academic Press, San Diego, California, USA. pp. 222-263.
- APARECIDA, M. J.; PURGATTO, E.; VIEIRA, A. Jr.; ARATO, B. W.; CORDENUNSI, B. R.; OLIVEIRA, N. J. R.; LAJOLO, F. M. 2006. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on gene expression and activity profile of alfa-1,4-glucan-phosphorylase during banana ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7294-7299.
- AZIZUR, R. M.; HAHAR, N.; JABBAR, M. A.; MOSIHUZZAMAN, M. 1999. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions. *Food Chemistry* 65: 91-97.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. 1995. Starch breakdown during banana ripening: sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 43: 347-351.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biology and Technology* 24: 135-145.
- EPA. 2002. Federal Register, July 26. Environmental Protection Agency. Vol. 67, Number 144, pp. 48796-48800.
- FENG, X.; APELBAUM, A.; SISLER, E. C.; GOREN, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 20: 143-150.
- JIANG, Y.; JOYCE, D. J.; MACNISH, A. J. 1999. Extension of the shelf-life of banana fruit by methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology* 16: 187-193.
- KADER, A. A. 1992. Postharvest biology and technology: An overview, pp. 15-20. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops*. KADER, A. A. (ed.). Division of Agriculture and Natural Resources University of California, Oakland, California, USA.
- KADER, A. A. 2002. Jackfruit. Recommendations for maintaining postharvest quality. <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/produce/producefacts/fruit/jackfruit.shtml>
- LELIÈVRE, J. M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Plant Physiology* 101: 727-739.
- MIR, N. A.; CURELL, E.; KHAN, N.; WHITAKER, M.; BEAUDRY, R. M. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126: 618-624.
- OLIVEIRA, N. J. R.; VIEIRA, J. A.; ZACZUK, B. P.; CORDENUNSI, B. R.; MAINARDI, J. A.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F. M. 2006. Beta-amylase expression and starch degradation during banana ripening. *Postharvest Biology and Technology* 40: 41-47.
- ONG, B. T.; NAZIMAH, S. A. H.; OSMAN, A.; QUEK, S. Y.; VOON, Y. Y.; MAT, H. D.; CHEW, P. M.; KONG, Y. W. 2006. Chemical and flavour changes in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 40: 279-286.
- OSUNA, G. J. A.; BELTRÁN, J. A.; 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.
- PERERA, O.; BALCHIN, L.; BALDWIN, E.; STANLEY, R.; TIAN, M. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of fresh-cut apple slices. *Journal of Food Science* 68(6): 1910-1914.
- ROY, S. K.; JOSHI, G. D. 1995. Minor fruits-tropical, pp. 570-573. *In: Handbook of Fruit Science and Technology. Production, Composition, Storage and Processing*. SALUNKHE, D. K.; KADAM, S. S. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- SAGARPA. 2005. Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal. Tepic, Nayarit.
- SALVADOR, A.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J. M. 2003. 1-MCP treatment prolongs postharvest life of 'Santa Rosa' plums. *Journal of Food Science* 68(4): 1504-1510.
- SAS INSTITUTE. 1998. SAS user's guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N.C.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum* 100(3): 577-582.
- SONG, J.; TIAN, M.; DILLEY, D.; BEAUDRY, R. 1997. Effect of 1-MCP on apple fruit ripening and volatile production. *HortScience* 32(3): 536.