

## VIDA COMERCIAL DE PITAHAYA AMARILLA TRATADA CON 1-MCP

## COMMERCIAL LIFE OF YELLOW PITAHAYA TREATED WITH 1-MCP

## VIDA COMERCIAL DA PITAHAYA AMARELA TRATADA COM 1-MCP

LILIANA SERNA-COCK<sup>1</sup>, SAUL DUSSAN SARRIA<sup>2</sup>, ALFREDO AYALA-APONTE<sup>3</sup>

### RESUMEN

*1-metilciclopropeno (1-MCP), un inhibidor del etileno, ha sido utilizado para extender la vida comercial de diferentes frutas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de soluciones acuosas de 10, 100 y 200 gL<sup>-1</sup> de 1-MCP, con tiempos de exposición de 1, 5 y 10 minutos, sobre la vida comercial de pitahaya amarilla en estado de madurez 4. Durante 15 días de almacenamiento (25 ± 2°C y 75% de humedad relativa), se evaluaron cambios físicos como la pérdida de peso y la aparición de pardeamiento; y se midieron cambios químicos como sólidos solubles, pH, acidez e índice de madurez. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados demostraron que aplicaciones de 200 gL<sup>-1</sup> de 1-MCP durante 10 minutos prolongó por tres días, la vida comercial de la pitahaya amarilla, y redujo cambios en los sólidos solubles y la acidez.*

### ABSTRACT

*1-methylcyclopropene (1-MCP), an inhibitor of ethylene, has been used to extend the shelf life of various fruits. The aim of this job was to evaluate the effect of application of aqueous solutions of 10, 100 and 200 g L<sup>-1</sup> 1-MCP, with exposure times of 1, 5 and 10 minutes on the shelf life of yellow pitahaya. During 15 days of storage (25 ± 2 ° C and 75% relative humidity), physical changes such as weight*

**Recibido para evaluación:** 22/04/2012. **Aprobado para publicación:** 01/08/2012

1 Doctora en Ingeniería de alimentos. Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Carrera 32 vía Candelaria, Palmira, Valle. Tel: (57-2) 2717000

2 Doctor en Fisiología Poscosecha. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

3 Doctor en Ciencia y Tecnología de alimentos. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de alimentos, Universidad del Valle.

**Correspondencia:** lserna@unal.edu.co1

loss and the presence of browning, and chemical changes as soluble solids, pH, acidity and maturity index were evaluated. Significant differences between treatments were found. The results showed that application of 200 gL<sup>-1</sup> 1-MCP for 10 minutes, increasing shelf life of yellow pitahaya in 3 days, and reduces changes in soluble solids and acidity.

## RESUMO

O 1-metilciclopropeno (1-MCP), é um inibidor da ação do etileno, tem sido utilizado para prolongar a vida de prateleira de várias frutas. Neste trabalho foi avaliado o efeito da aplicação de soluções aquosas de 10, 100 e 200 gL<sup>-1</sup> 1-MCP, com tempos de exposição de 1, 5 e 10 minutos, na vida de prateleira de pitahaya amarela. Durante 15 dias de armazenamento (25 ± 2°C e 75% de umidade relativa), foram avaliadas mudanças físicas, como a perda de peso y escurecimento do fruto; e forma medidas alterações químicas como sólidos solúveis, pH, acidez e índice de maturidade. Houve diferenças significativas entre os tratamentos. Os resultados mostraram que a aplicação de 200 gL<sup>-1</sup> de 1-MCP durante 10 minutos, aumentou a vida de prateleira de pitahaya amarela em 3 dias, e reduz as alterações no teor de sólidos solúveis e nos valores da acidez.

## INTRODUCCIÓN

Una técnica que permite prolongar el tiempo de vida comercial de diversas frutas y hortalizas es el uso de 1 metil ciclopropeno (1-MCP), el cual compite por el etileno debido a su afinidad con los receptores de membrana y provoca un atraso en los cambios fisiológicos correspondientes a la maduración y a la senescencia [1]. Existen estudios de la aplicación de 1-MCP en un gran número de frutas climatéricas, entre las que se encuentran el control de la maduración, retardo de la senescencia y conservación poscosecha de banano [2, 3], melón [3], manzana [4], mango [5], aguacate [6], limón dulce (*Citrus aurantifolia*, Swingle) [7], tomate [8], kiwi [9], y melocotón [10] sin embargo, éstas no incluyen a la pitahaya amarilla. De igual manera [11], estudiaron el efecto de 1-MCP y del quitosán sobre la vida comercial de una fruta proveniente de la India. Las respuestas al 1-MCP son dependientes de la concentración y del tiempo de exposición, y pueden variar con la especie, las características morfológicas y fisiológicas de la fruta, la variedad, el grado de madurez, las condiciones del cultivo y las condiciones de almacenamiento [12]; por esta razón es necesario realizar investigaciones para evaluar la respuesta del compuesto en cada variedad de fruta u hortaliza.

Para Colombia, la pitahaya amarilla (*Selenicereus magalanthus* Haw) representa el 5% del mercado en las exportaciones y es una de las frutas consideradas como producto promisorio exportable [13]. La fruta cuando se almacena sin cadena de frío, presenta una vida comercial de 8 días y bajo refrigeración sufre daños por frío. Y se ha observado que el pardeamiento enzimático, la necrosis y el ablandamiento de su corteza son los principales factores de deterioro [14].

Algunos autores clasifican la fruta como no climatérica, por su tasa de producción de etileno [15, 16], sin embargo, otros la incluyen en el grupo de

## PALABRAS CLAVE:

*Selenicereus megalanthus* Haw, Frutas tropicales, Maduración, Etileno.

## KEY WORDS:

*Selenicereus megalanthus* Haw, Tropical Fruits, Maturation, Ethylene.

## PALAVRAS-CHAVE:

*Selenicereus megalanthus* Haw, Frutas Tropicais, Amadurecimento, Etileno.

frutas climatéricas por su pico de actividad respiratoria [17, 18]. Partiendo del segundo hecho, podría pensarse que la aplicación de 1-MCP puede ser una alternativa para prolongar la vida comercial de la pitahaya amarilla. Los resultados más promisorios con la aplicación de esta tecnología se han encontrado precisamente en frutas de patrón respiratorio climatérico, frutas tales como banano, melón, manzana, mango y aguacate.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de 1-MCP a tres concentraciones (10, 100 y 200  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) y a tres tiempos de exposición (1, 5 y 10 minutos) sobre la vida comercial de pitahaya amarilla. Se midió pérdida de peso; sólidos solubles, pH, acidez, y aparición de pardeamiento.

## MÉTODO

### Material vegetal

Para la experimentación se utilizaron 120 Kg de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw*), proveniente de la finca Bellavista ubicada en el municipio de Sevilla Valle, coordenadas N 4 grados, 24,9 minutos y 37 segundos, W 75 grados 93 minutos y 72 segundos, a una altura del cultivo de 1700 msnm. La fruta se cosechó en estado de madurez cuatro, correspondiente a la clasificación de la norma NTC 3554 [19]. Después de la cosecha las frutas se seleccionaron y se clasificaron nuevamente, se higienizaron con agua clorada (200  $\mu\text{gL}^{-1}$  por 20 minutos) y finalmente se enjuagaron con agua corriente para eliminar los residuos de cloro. Posteriormente la fruta se trató con 1-MCP.

### Preparación y aplicación de 1-MCP

Se utilizó 1-MCP comercial con una pureza de 3,8%, obtenido de la firma Rohm and Haas Química Ltda. Se prepararon 3 soluciones de 1-MCP de 40 L cada una, a concentraciones de 10, 100 y 200  $\mu\text{gL}^{-1}$ , utilizando agua destilada. Las soluciones se prepararon en tanques de acero inoxidable y se utilizaron inmediatamente. Para cada concentración de la solución, se sumergieron 10 kg de pitahayas por 1, 5 y 10 minutos. Trascorrido el tiempo de contacto las pitahayas se retiraron de la solución y se enjuagaron en agua corriente por 5 minutos para eliminar el exceso de 1-MCP, posteriormente se secaron al aire libre, se acondicionaron en canastillas plásticas y se almacenaron a temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y 75 % de humedad relativa. Las convenciones utilizadas en los tratamientos fueron,

MCP-010-01, MCP-010-05 y, MCP-010-010 que corresponden a aplicación de 1-MCP a concentración de 10  $\mu\text{gL}^{-1}$  por 1, 5 y 10 minutos respectivamente; MCP-100-01, MCP-100-05, MCP-100-10, corresponden a concentración de 100  $\mu\text{gL}^{-1}$  por 1, 5 y 10 minutos respectivamente; y . MCP- 200 -01, MCP- 200 -05, MCP- 200 -10, corresponden a concentración de 200  $\mu\text{gL}^{-1}$  por 1, 5 y 10 minutos respectivamente. Se utilizó además la palabra control para designar el tratamiento en el cual no se aplicó 1-MCP a la pitahaya.

Cada 3 días se analizaron los cambios físicos, químicos y la aparición de pardeamiento.

### Determinación de pérdida de peso

En cada tratamiento se tomó el peso inicial de 9 pitahayas, utilizando una balanza de precisión (Metler Toledo 1200, USA), posteriormente las pitahayas se introdujeron en cámara ambiental (Dies 1000L, Colombia) a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y 75 % de humedad relativa, cada tres días se registró el peso de la fruta y se calculó el porcentaje de peso en referencia al peso inicial.

### Determinación de Sólidos solubles, índice de madurez, pH y acidez

Para cada tratamiento, se maceró la pulpa de 6 pitahayas. Los sólidos solubles ( $^\circ\text{Brix}$ ) se midieron directamente en el jugo de la pulpa homogenizada, utilizando el método AOAC – 932.12, 2000 [20], en un refractómetro (Attago Hand Held HRS 500, USA). El pH se midió en un phmeter (Metrohm, USA). Para la medición de acidez titulable se utilizó el método AOAC - 942.15A (2000) [21], se calcularon los equivalentes gramo del ácido predominante y el resultado se expresó como ácido cítrico. El índice de madurez se calculó como la relación entre los sólidos solubles y la acidez.

### Pérdida de la vida comercial

La vida comercial se midió mediante evaluación visual diaria de la apariencia física de la fruta. La vida comercial se definió como el número de días transcurridos antes de que la fruta presentara pardeamiento y/o necrosis en las mamilas.

### Diseño de experimentos

Para evaluar y analizar el efecto de la aplicación de soluciones acuosas de 1-MCP, a diferentes concentraciones y diferentes tiempos de exposición, sobre

el proceso de maduración de la pitahaya amarilla, se utilizó un diseño factorial completamente al azar de  $4 \times 4 \times 6$  con tres factores. Factor concentración de la solución de 1-MCP con cuatro niveles: 0, 10, 100 y 200  $\text{gL}^{-1}$ , siendo 0 el tratamiento control (sin aplicación de 1-MCP). Factor tiempo de exposición de pitahaya amarilla a la solución acuosa de 1-MCP, con cuatro niveles: 0, 1, 5 y 10 minutos. Siendo 0 las condiciones iniciales de la fruta sin tratamiento (control). Factor tiempo de almacenamiento de pitahaya amarilla con 6 niveles así: 0, 3, 6, 9, 12, 15 (el tiempo 0, correspondió a las condiciones iniciales en el primer día de cosechada la fruta)

Las variables de respuesta fueron pérdida de peso; sólidos solubles, pH, acidez, índice de madurez y pérdida de la vida comercial. Los resultados se analizaron con un modelo lineal, general y multivariado, en paquete estadístico SAS [22]. La comparación entre medias se realizó a través del ensayo de Duncan, con 5% de probabilidad.

## RESULTADOS

### Pérdida de peso

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La prueba de Duncan evidenció que dichas diferencias se encuentran en las aplicaciones de 10 y 200  $\text{gL}^{-1}$ , siendo el tratamiento MCP-10-10 el que presentó diferencia marcada comparada con los demás tratamientos.

El porcentaje de peso registrado durante el tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos puede verse en la Figura 1 (a, b y c). En ésta figura puede observarse que la menor pérdida de peso se presentó en la fruta control con 14,7%, y la mayor pérdida de peso se obtuvo en el tratamiento MCP4-010-10, con pérdida de peso de 20,12% ( $p < 0,05$ ). Estos resultados están acordes con los encontrados en guayaba, y en cebollas tratadas con 1-MCP [23, 24].

A pesar que se registró la menor pérdida de peso en la pitahaya en el tratamiento control, los menores cambios físicos, químicos y aparición de pardeamiento, que implican mayor conservación del fruto, se observaron en tratamientos diferentes al control.

Los resultados con fruta control logrados en nuestro estudio difieren de los obtenidos por [25], quienes en-

contraron en pitahaya amarilla entera, pérdida de peso máxima de 23% a 20°C y 70% HR y concluyeron que la pitahaya amarilla pierde mayor peso cuando se cosecha en estado de madurez temprana que cuando la fruta se cosecha en estado de madurez avanzado.

Una de las mayores causas de disminución de la calidad de un fruto es la pérdida de peso; cuando la pitahaya amarilla se cosecha en estado de madurez temprana pierde mayor peso que cuando se cosecha en estado de madurez avanzado [25], lo anterior explica las mayores pérdidas registradas en la fruta tratada con 1-MCP, dado su efecto sobre la maduración

### Sólidos solubles

En la Figura 2 (a, b y c) se presenta los sólidos solubles para todos los tratamientos. El ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$  y  $F = 2,21$ ). La prueba de Duncan permitió establecer que estas diferencias se presentaron entre los tratamientos control, MCP-10-10, MCP-100-01, MCP-100-10, MCP-200-01, MCP-200-10.

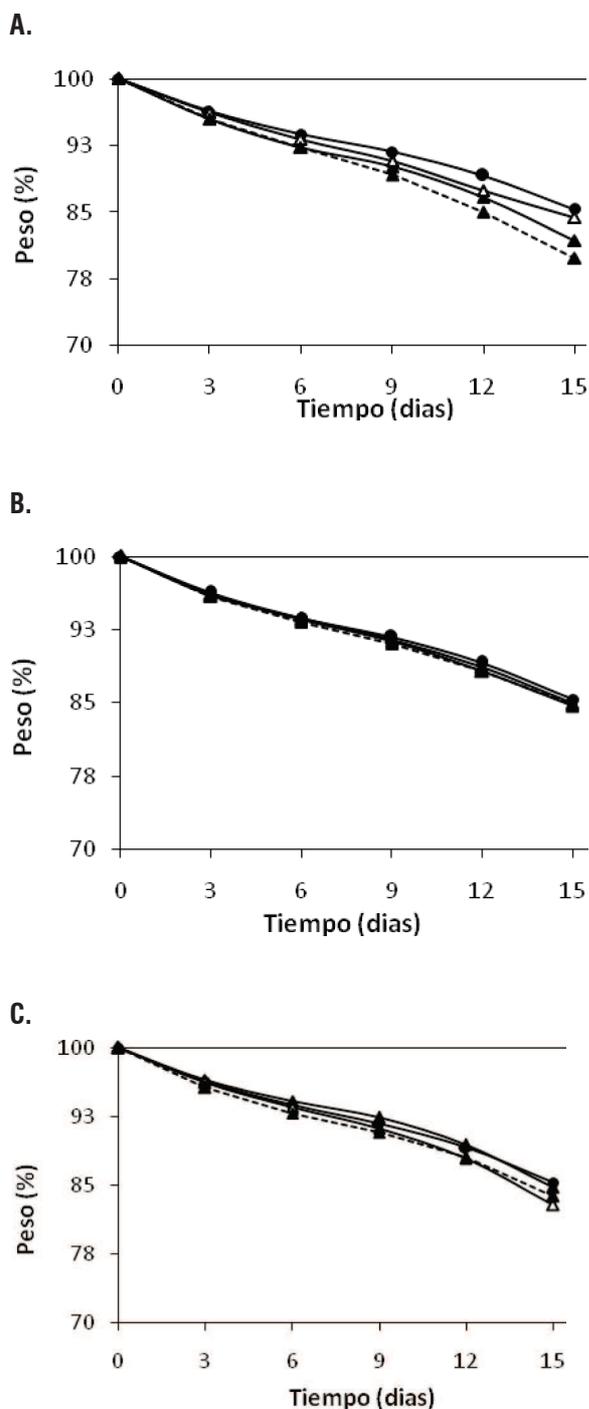
El contenido de sólidos solubles de la muestra control varió desde 16,6 en el día de recolección hasta 17,8 en el día 15, éstos resultados difieren de los reportados por [25], quienes encontraron que la pitahaya amarilla recolectada verde y madura y almacenada a 10 y 20°C presentan contenidos de sólidos solubles que oscilan entre 19 y 21% y no cambian durante el almacenamiento.

En los tratamientos MCP-10-10 y MCP-200-10 los sólidos solubles permanecieron constantes durante todo el tiempo de almacenamiento, este comportamiento se presenta en albaricoques, ciruelas y naranjas tratadas con 1-MCP [26].

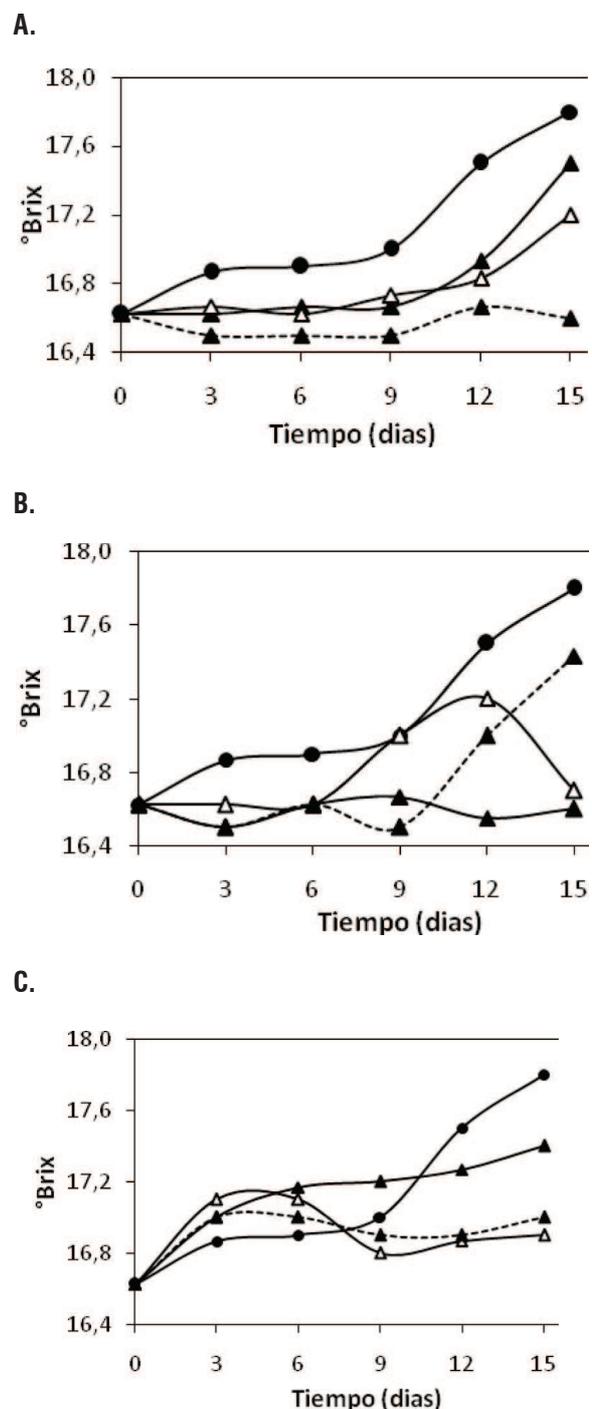
Los tratamientos MCP-100-01, MCP-100-05, MCP-100-10, MCP-200-01 y MCP-200-05 mostraron diferencias marcadas con respecto al control, a partir del día 9 de almacenamiento, tiempo a partir del cual los °Brix se mantuvieron por debajo de lo registrado para la muestra control.

Los sólidos solubles de los tratamientos MCP-10-01, MCP-10-05, MCP-200-10 y MCP-100-10, incrementaron a partir de los días 9 y 12 de almacenamiento. Estos resultados son comparables con los reportes de [9], quienes en aplicaciones con 1-MCP en Kiwi entero y cortado, encontraron disminución e incremento

**Figura 1.** Porcentaje de peso durante el almacenamiento de pitahaya amarilla tratada con diferentes concentraciones de 1-MCP y diferentes tiempos de exposición. (A) 10  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP (B) 100  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP. (C) 200  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP Las convenciones de los tratamientos pueden verse en el cuadro 1.



**Figura 2.** Sólidos Solubles Totales ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) durante el almacenamiento de pitahaya amarilla tratada con diferentes concentraciones de 1-MCP y diferentes tiempos de exposición. (A) 10  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP (B) 100  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP (C) 200  $\mu\text{g/L}$  de 1-MCP.



Las convenciones de los tratamientos pueden verse en el cuadro 1.

en los porcentajes de sólidos solubles, lo cual ocurrió durante los primeros y últimos días de almacenamiento [14]. En pitahaya amarilla dado su dulzor resulta beneficioso que los sólidos solubles permanezcan constantes [27]. Watkins *et al.* [27], explican que las variaciones en el contenido de sólidos solubles de frutas tratadas con 1-MCP dependen de la concentración y del tiempo de aplicación del compuesto y del método de almacenamiento de la fruta.

La disminución de los sólidos solubles puede explicarse con el hecho que los azúcares son utilizados como sustrato para la respiración, principalmente aquellos atrapados dentro de la vacuola, que posteriormente son liberados de manera controlada, por medio de la glicólisis, la vía de la pentosa fosfato y la vía de los ácidos tricarbóxicos. Por otro lado, las variaciones oscilantes puede deberse a la existencia de una reserva separada de azúcares disponible para la respiración [28].

Las curvas oscilantes de sólidos solubles también pueden explicarse por la formación de nuevos receptores de etileno durante el crecimiento del tejido, lo cual, reduce ó elimina el efecto del 1-MCP [29].

### pH, Acidez e índice de madurez

En el cuadro 1 se muestran los valores de acidez, pH e índices de madurez para todos los tratamientos. Las variaciones encontradas en el pH, entre los tratamientos no fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). El pH incrementó desde 4,42 hasta 4,6 para la fruta control y hasta 4,72 en el tratamiento MCP-10-10. Los resultados de pH del tratamiento control, difieren de los hallados por [30], quienes encontraron que la pitahaya amarilla en estado de madurez 3 presenta pH de 4,7 y alcanza un pH de 5,1 a los 23 días cuando es almacenada a 8°C, y a los 15 días cuando es almacenada a 19°C. Según los mismos autores, si la pitahaya se cosecha en estado de madurez 5, presenta un pH de 5.1 y la variación en pH durante el almacenamiento es poco significativa.

Otros autores, han reportado en sandía tratada con etileno, efectos adversos en el pH, en el color, y en el contenido de sólidos solubles, los cuales pueden ser retardados con la aplicación de 1-MCP [31].

Referente a la acidez, el tratamiento MCP-200-10 (0,128%) presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto a los tratamientos MCP-100-10 (0,167%) y MCP-100-01(0,17%). Los

**Cuadro 1.** Promedios de acidez, pH, índices de madurez de pitahaya amarilla tratada con 1-MCP a diferentes concentraciones y diferentes tiempos (Ver abreviaturas en la sección de métodos)

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Acidez (%)	pH	Índice de madurez
MCP-010-01	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,17	4,50	75,3
	6	0,17	4,59	98,8
	9	0,14	4,75	98,8
	12	0,14	4,65	120,2
	15	0,12	4,68	136,7
MCP-010-05	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,15	4,56	108,5
	6	0,16	4,76	75,3
	9	0,16	4,79	104,6
	12	0,13	4,64	127,6
	15	0,12	4,68	139,3
MCP-010-10	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,20	4,51	80,0
	6	0,16	4,72	98,1
	9	0,14	4,80	110,6
	12	0,13	4,64	122,2
	15	0,11	4,72	150,3
MCP-100-01	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,21	4,59	78,1
	6	0,17	4,77	75,3
	9	0,15	4,73	108,5
	12	0,14	4,65	114,2
	15	0,11	4,70	147,5
MCP-100-05	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,21	4,54	75,3
	6	0,15	4,77	75,3
	9	0,14	4,69	116,1
	12	0,14	4,70	122,1
	15	0,11	4,64	151,8
MCP-100-10	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,18	4,66	88,8
	6	0,16	4,66	75,3
	9	0,15	4,80	107,5
	12	0,14	4,62	118,5
	15	0,12	4,65	136,7

**Cuadro 1.** Continuación

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Acidez (%)	pH	Índice de madurez
MCP-200-01	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,17	4,69	95,1
	6	0,16	4,50	108,8
	9	0,14	4,80	122,1
	12	0,14	4,66	122,6
	15	0,10	4,69	171,2
MCP-200-05	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,20	4,57	85,0
	6	0,15	4,65	85,0
	9	0,15	4,77	109,3
	12	0,13	4,71	127,6
	15	0,10	4,70	167,1
MCP-200-10	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,21	4,54	80,5
	6	0,12	4,66	80,5
	9	0,12	4,72	132,8
	12	0,12	4,71	139,2
	15	0,10	4,70	166,0
Control	0	0,22	4,42	75,3
	3	0,18	4,62	91,3
	6	0,15	4,51	112,1
	9	0,14	4,72	117,3
	12	0,13	4,64	128,3
	15	0,11	4,60	151,8

tratamientos MCP-200-01 y MCP-200-05 presentaron valores finales de acidez equivalente a 0,1%, el cual es significativamente más bajo que el alcanzado en la fruta control. Para todos los tratamientos la acidez disminuyó durante el almacenamiento. Los tratamientos MCP-100-01, MCP-100-05 y MCP-100-10 mostraron valores de acidez más altos que el control hasta el día 12 de almacenamiento y en general durante el almacenamiento la acidez de la pitahaya tratada con 1-MCP varió en un 50% aproximadamente. Esta variación es reportada por Nerd y Mizrahi [25]. Para fruta fresca, Rodríguez et al., [30] reportaron que la pitahaya cosechada en grado 3 de maduración presentó variaciones de acidez desde 2,54 hasta 1,5 % en el día 15 a 19°C y que a 8°C en el día 23 de almacenamiento, la acidez varío de 3% a 1,3%. Se-

gún los mismos autores, si la pitahaya se cosecha en estado de madurez 5 y se almacenan a 8°C y 19°C, la acidez presenta muy poca variación.

En investigaciones con mamey sometido a tratamientos de 1-MCP se han reportado diferencias poco significativas en pH, acidez titulable y sólidos solubles; sin embargo, cuando se utilizan métodos combinados, como en el caso de la aplicación de 1-MCP y de cera en naranja se han encontrado diferencias marcadas en la acidez titulable [32].

Bassetto *et al.* [23], obtuvieron niveles altos de acidez en guayaba tratada con 1-MCP y almacenada a 25°C y los resultados se debieron al retraso del proceso de maduración. En estudios realizados con albaricoques, el 1-MCP no ejerció efecto sobre la acidez total ni sobre los sólidos solubles [34].

El índice de madurez de pitahaya amarilla muestra tendencia ascendente en todos los tratamientos (Cuadro 1). El 1-MCP tiene incidencia en el índice de madurez. Los tratamientos MCP-100-05, MCP-100-10; MCP-200-05 y MCP-200-10 ejercieron efecto estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) sobre el índice de madurez a los seis días de almacenamiento. El comportamiento de esta variable, relacionada con el aumento del pH y la disminución del porcentaje de acidez, indica una continuidad en el proceso de maduración [34].

Valero et al., [35], encontraron que la maduración en ciruela almacenada a 20°C puede ser retrasada por el incremento de las concentraciones de 1-MCP, lo cual incrementa las propiedades organolépticas de la fruta. Otros autores reportan retrasos en la maduración de tomates, los cuales son estadísticamente significativos cuando son tratados con 0,5 gL<sup>-1</sup> de 1-MCP; esto sugiere que el compuesto a la concentración mencionada ejerce efecto inhibitorio contra el etileno y por tanto aminora los procesos de maduración en la fruta [36]. Estos efectos también se han observado en otros frutos climatéricos como aguacate [6] y manzana [27].

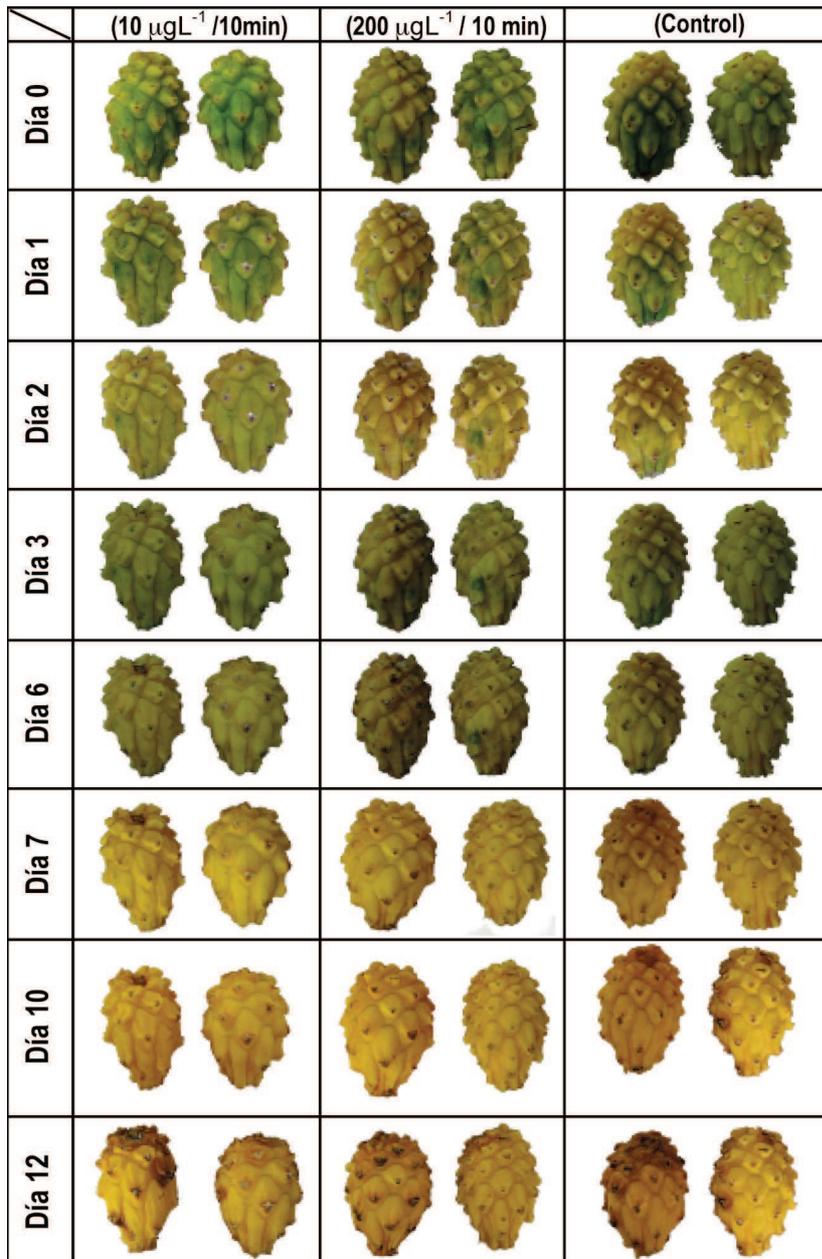
La efectividad de la inhibición de la maduración o senescencia en pitahaya amarilla tratada con 1-MCP es función de la saturación del compuesto sobre los sitios de unión del etileno; concentraciones de 1-MCP de 100 gL<sup>-1</sup> y de 200 gL<sup>-1</sup> durante 10 minutos, permite que el compuesto muestre una respuesta persistente durante el almacenamiento, lo cual impide que se activen o se formen nuevos receptores de etileno.

### Vida comercial

La fruta control almacenada a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y 75% de humedad relativa, presentó pardeamiento y ablandamiento al 7 día de almacenamiento. Los tratamientos

MCP-10-10 y MCP-200-10 iniciaron este proceso a los 11 días de almacenamiento y los demás tratamientos presentaron las características señaladas a los 8 días. En la Figura 3 se observa un registro fotográfico parcial de la fruta control comparada con los

**Figura 3.** Registro fotográfico de Pitahaya Amarilla cosechada en estado de madurez 4, almacenada a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y 75% de humedad relativa



Comparación pitahaya tratada con 1-MCP (tratamientos MCP-10-10 y MCP-200-10) y sin tratamiento (control)

tratamientos MCP-10-10 y MCP-200-10, se aprecia mayor necrosis y podredumbre en la fruta control, seguida por los tratamientos MCP-10-10 y MCP-200-10. El pardeamiento de la pitahaya amarilla se debe a un incremento de las enzimas peroxidasa y polifenoloxidasa en los frutos senescentes, y la necrosis se debe a una disminución en la actividad de la catalasa después del climaterio, lo que favorece el incremento de especies reactivas de oxígeno como los radicales superóxido y oxígeno singlete, radicales hidroxilo y peróxido de hidrógeno [14].

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio confirman que las soluciones acuosas de 1-MCP tienen efecto positivo sobre la prolongación del tiempo de vida comercial de pitahaya amarilla cosechada en estado de madurez 4. Los efectos físicos y químicos dependieron de la concentración y del tiempo de exposición al compuesto químico y fueron estadísticamente significativos en el contenido sólidos solubles, acidez y pérdida de peso. Se encontró que la pitahaya cosechada con estado de madurez 4, tratada con soluciones acuosas de 1-MCP de  $200 \mu\text{gL}^{-1}$  por 10 minutos y almacenada a temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y 75% de humedad relativa, prolonga la vida comercial de la fruta por tres días más, comparado con la fruta control. Debido al alto costo de la fruta, esta prolongación resulta relevante para la cadena productiva de pitahaya. El compuesto puede ser aplicado durante la poscosecha y se requieren investigaciones encaminadas a evaluar el efecto del 1-MCP en la precosecha y en diferentes estados de maduración.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan los agradecimientos al Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural y a la Asociación de productores de pitahaya, Asoppitaya, por la financiación de ésta investigación.

## REFERENCIAS

- [1] GUTIÉRREZ, M.S., TRINCHERO, G.D., CERRI, A.M., VILELLA, F. and SOZZI, G.O. Different responses of goldenberry fruit treated at four maturity stages with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.*, 48 (2), 2008, p. 199–205.
- [2] JIANG, Y., JOYCE, D. and MACNISH A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biol. Tec.*, 16 (2), 1999, p.187-193.
- [3] ERGUN, M., JEONG, J., CANTLIFFE, D.J., and HUBER, D.J. Suppression of ripening and softening of 'Galia' melon fruit by 1-methylcyclopropene applied at pre-ripe or ripe stages of development. *Hort Sci.*, 40 (1), 2005, p. 170–175.
- [4] FAN, X., BLANKENSHIP, S.M. and MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 124 (6), 1999, p. 690–695.
- [5] HOFMAN, P.J., JOBIN-DÉCOR, M., MEIBURG, G.F., MACNISH, A.J. and JOYCE, D.C. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Aust. J. Exp. Agr.*, 41 (4), 2001, p. 567–572.
- [6] JEONG, J., HUBER, D.J. and SARGENT, S.A. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biol. Tec.*, 25 (3), 2002, p. 241–256.
- [7] WIN, T.O., SRILAONG, V., HEYES, J., KYU, K.L. and KANLAYANARAT, S. Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) fruit. *Postharvest Biol. Tec.*, 42 (1), 2006, p. 23–30.
- [8] CHOI, S.T. and HUBER, D.J. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Tec.*, 49 (1), 2008, p. 147–154.
- [9] MAO, L., WANG, G. and QUE, F. Application of 1-methylcyclopropene prior to cutting reduces wound responses and maintains quality in cut kiwifruit. *J. Food Eng.*, 78 (1), 2007, p. 361–365.
- [10] LIU, H.X., JIANG, W.B., ZHOU, L.G., WANG, B.G. and LUO, Y.B. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) ripening and disease resistance. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 40 (1), 2005, p. 1–7.
- [11] QIUPING, Z. and WENSHUI, X. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. *LWT - Food Sci. Technol.*, 40 (3), 2007, p. 404–411.
- [12] WATKINS, C.B. and NOCK, J.F. Effects of delays between harvest and 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment, and temperature of treatment, on ripening of air- and controlled atmosphere-stored apples. *Hort Science*, 40 (7), 2005, p. 2096 – 2101.

- [13] ESPINAL, C.F., MARTINEZ-COVALEDA, H.J. y PEÑA-MARIN, Y. La cadena de los frutales de exportación en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá (Colombia): Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia Documento de Trabajo N° 67, 2005, 68 p.
- [14] CASTRO, J.A., BAQUERO, L.E. and NARVÁEZ, C.E. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase from pitaya amarilla fruits (*Acanthocereus pitajaya*). Rev. Colomb. Quim., 35 (1), 2006, p. 91–100.
- [15] NERD, A., GUTMAN, F. and MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). Postharv. Biol. Technol., 17 (1), 1999, p. 39–45.
- [16] LE, V.T., NGUYEN, N., NGUYEN, D.D., DANG, K.T., NGUYEN, T.N.C., DANG, M.V.H., CHAU, N.H. and TRINK, N.L. Quality assurance system for dragon fruit. ACIAR Proceedings, 100(1), 2000, p. 101–114.
- [17] BAQUERO, E., CASTRO, J. y NARVÁEZ, C. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasa en pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*): maduración y senescencia. Act. biol. Colomb., 10 (2), 2005, p. 49-60.
- [18] SERNA, L., TORRES, L.S. y AYALA, A. Efecto del empaque y del 1-MCP sobre características físicas, químicas y fisiológicas de pitahaya amarilla. Biotecnología en el sector agropecuario e industrial, 9 (2), 2011, p. 139-149.
- [19] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION. NTC 3554: Frutas frescas: pitahaya. Bogotá (Colombia): 1996.
- [20] Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). AOAC 932.12. Cap., 37: Fruits and fruit products. Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Product: Refractometer Method. Arlington (United States of America): 2000, p. 7.
- [21] Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). AOAC 942.15A. Cap., 37: Fruits and fruit products. Acidity (Titratable) of Fruit Products. Arlington (United States of America): 2000, p. 11.
- [22] SAS. SAS Users guide: Statistics. Cary, N.C: SAS Institute, 1990, p. 99.
- [23] BASSETTO, E., JACOMINO, A.P., PINHEIRO, A.L. and KLUGE, R.A. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Tec., 35 (3), 2005, p. 303–308.
- [24] CHOPE, G.A., TERRY, L.A. and WHITE, P.J. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. Postharvest Biol Technol., 44 (2), 2007, p. 131–140.
- [25] NERD, A. and MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage in yellow pitaya. Postharvest Biol. Technol., 15 (2), 1999, p. 99–105.
- [26] PORAT, R., WEISS, B., COHEN, L., DAUS, A., GOREN, R. and DROBY, S. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. Postharvest Biol. Technol., 15 (2), 1999, p. 155–163.
- [27] WATKINS, C.B., NOCK, J.F. and WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest Biol. Tec., 19 (1), 2000, p. 17–32.
- [28] NERD, A. and MIZRAHI, Y. Reproductive Biology of Cactus Fruit Crops, in Horticultural Reviews. John Wiley & Sons, Inc., 18, 2010.
- [29] SISLER, E.C. and SEREK, M. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. Plant Biol., 5 (5), 2003, p. 473–80.
- [30] RODRÍGUEZ, D., PATIÑO, M., MIRANDA, D., FISCHER, G. and GALVIS, J. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, 58 (2), 2005, p. 2837–2857.
- [31] SAFTNER, R., LUO, Y., MCEVOY, J., ABBOTT, J.A. and VINYARD, B. Analytical quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. Postharvest Biol. Technol., 4 (1), 2007, p. 71–79.
- [32] ERGUN, M., SARGENT, S.A., FOX, A.J., CRANE, J.H. and HUBER, D.J. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. Postharvest Biol. Technol., 36 (2), 2005, p. 127–134.
- [33] DONG, L., LURI, S. and ZHOU, H-W. Effect of 1- methylcyclopropene on ripening of "Canino" apricots and "Royal Zee" plums. Postharvest Biol. Technol., 24 (2), 2002, p. 135–145.
- [34] GALLO, F. Índice de madurez para piña cayena lisa, guanábana, pitaya amarilla y maracuyá. Agrodesarrollo, 4 (1/2), 1996, p. 171–200.

- 
- [35] VALERO, D., MARTÍNEZ-ROMERO, D., VALVERDE, J.M., GUILLÉN, F., and SERRANO, M. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 4 (3), 2003, p. 339–348.
- [36] GUILLÉN, F., CASTILLO, S., ZAPATA, P.J., MARTÍNEZ-ROMERO, D., SERRANO, M. and VALERO, D. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Postharvest Biol. Technol.*, 43 (1), 2007, p. 23–27.