

Efecto de la aplicación de 1-Metilciclopropeno sobre algunas propiedades físico-químicas y organolépticas del fruto de la granadilla

Effect of 1-Metilciclopropeno application on the physical, chemical and organoleptic properties of the sweet passion fruit

Saúl Dussán Sarria^{1*}, Liliana Serna Cock², y Ángela María Perengüez Cuarán³

^{1,2} Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. ³ Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. *Autor para correspondencia: sdussan@unal.edu.co

Rec.: 05.04.11 Acept: 12.10.11

Resumen

Se evaluó el efecto de la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP), un agente antagonista a la acción del etileno –el 1-metilciclopropeno es utilizado para prolongar la vida útil del fruto de granadilla común–, almacenado a 27 ± 2 °C y $76 \pm 2\%$ de HR. Se evaluaron propiedades físicas como pérdidas de peso y cambios de dureza de la corteza; propiedades químicas como pH, acidez titulable y sólidos solubles; y propiedades organolépticas como cambios de color. Se aplicaron tres concentraciones de 1-MCP: 200, 400 y 600 mg/l y tres tiempos de exposición: 15, segundos 30 segundos y 60 segundos. Los resultados sugieren que la aplicación de 600 mg/l de 1-MCP y 60 segundos de exposición conserva la granadilla común durante 15 días a 27 ± 2 °C y $76 \pm 2\%$ de HR.

Palabras clave: Granadilla, *Passiflora ligularis*, maduración controlada, 1-MCP, etileno, fisiología poscosecha, almacenamiento, preservación.

Abstract

To extend of shelf life of the sweet passion fruit result utility in the commercialization of the fruit, since it is positioned in the international market as fruit gourmet. In this work the effect to apply an antagonistic agent to the ethylene action was evaluated, the 1- methylcyclopropene (1-MCP) for the prolongation of shelf life of sweet passion fruit, stored of 27 ± 2 °C and $76 \pm 2\%$ RH. Physical properties were evaluated as weight loss, firmness loss and color changes, chemical properties as pH, acidity and soluble solids and sensory analysis. Three concentrations of 1-MCP were applied: 200, 400 and 600 mg/l and three exposure times: 15, 30 and 60 seconds. The results suggest than application of 600 mg/l of 1-MCP and 60 seconds exposure it maintains the fruit during 15 days to 27 ± 2 °C and $76 \pm 2\%$ of HR.

Key words: Controlled maturation, ethylene, granadilla, 1-MCP, *Passiflora ligularis*, postharvest physiology, shelf life, storage.

Introducción

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), una planta de fruto exótico, se encuentra entre las nuevas preferencias de los consumidores en su búsqueda por frutas convenientes, inocuas y con alta calidad nutritiva. Colombia es el principal productor mundial de granadilla, con una producción de 43.885 t en 2007 y 52.305 t en 2008. El departamento del Huila es el mayor productor con 46.5% de la producción nacional en 2008. De igual forma, el país es el principal exportador mundial de este fruto. Las exportaciones en 2008 alcanzaron un total de 2444 t, lo que consolidó la granadilla como uno de los frutos más atractivos en el agronegocio colombiano (Parra-Morera *et al.*, 2011).

Una de las estrategias utilizadas para prolongar el tiempo de vida útil de las frutas en general es el uso de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) como antagonista a la acción del etileno, hormona involucrada en el proceso de la maduración. Esta propiedad inhibidora del 1-MCP fue descubierta y patentada en EE.UU. por Sisler y Blankenship (1996). Los primeros trabajos y el desarrollo comercial del producto se realizaron en flores, y demostraron el efecto retardante de la senescencia natural (Sisler *et al.*, 1996; Chitarra y Chitarra, 2005).

El 1-MCP es un producto que se utiliza a muy bajas concentraciones, se comercializa en estado sólido o gaseoso y presenta resultados variables según el fruto a tratar, sus características morfológicas y fisiológicas y sus condiciones y tiempo de almacenamiento (Grichko *et al.*, 2006). La variabilidad en los resultados obtenidos con la aplicación de 1-MCP ha motivado múltiples investigaciones tendientes a evaluar su efecto sobre el control de la maduración, retardamiento de la senescencia y conservación poscosecha de frutas como banano (Jiang *et al.*, 1999), manzana (Fan *et al.*, 1999), mango (Hofman *et al.*, 2001), aguacate (Kluge *et al.*, 2002), maracuyá (Andrade, 2004), guanábana, guayaba, papaya, tomate (Benou-Moualem *et al.*, 2004), melón (Dussán-Sarria *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2005) y kiwi (Mao *et al.*, 2007).

No obstante las excelentes cualidades de la granadilla, es un producto perecedero. Debido a su alto contenido de agua tiene un periodo de conservación relativamente corto,

lo cual dificulta su comercialización. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de 200 mg/l de 1-MCP, 400 mg/l de 1-MCP y 600 mg/l de 1-MCP en frutos de granadilla común durante 15 segundos, 30 segundos y 60 segundos de exposición sobre algunas características físicas, como pérdida de peso y de dureza; químicas, como pH, acidez titulable y sólidos solubles; y organolépticas, como color y sabor.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron frutos de granadilla de cultivar común obtenidos de la cosecha 2008 en la región Calima-Darién (1.485 msnm y 18 °C) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Las frutas se cosecharon con grado de maduración 3, según la Norma ICONTEC NTC 4101 (1997), que se considera adecuado para la exportación. Para aplicar los tratamientos fueron seleccionadas aquellas que no presentaban daños externos visibles como cortes ni ataques de plagas y enfermedades. Las frutas seleccionadas fueron lavadas y desinfectadas mediante inmersión en agua con cloro a concentración de 200 ml/l, seguido de un enjuague con agua destilada abundante para eliminar las trazas de cloro.

Preparación y aplicación de 1-MCP. El producto se preparó y aplicó siguiendo las recomendaciones del proveedor AgroFresh Inc. Para el efecto, se prepararon soluciones de 40 l con concentraciones de 200 mg/l de 1-MCP, 400 mg/l de 1-MCP y 600 mg/l de 1-MCP en agua destilada. Las frutas, previamente higienizadas, se sumergieron en las soluciones respectivas a razón de 8 kg de fruta para cada concentración del producto durante diferentes tiempos de exposición, según los tratamientos aplicados (Cuadro 1).

Una vez transcurrido el tiempo de exposición, las frutas fueron retiradas de la solución y se sumergieron en agua potable por 5 min con el fin de retirar el exceso del producto. Seguidamente fueron colocadas en canastillas plásticas (30 cm x 40 cm x 60 cm) en tres capas de frutas separadas con panales de cartón y se almacenaron a temperatura de 27 ± 2 °C y humedad relativa de $76 \pm 2\%$. Las evaluaciones físicas, químicas y organolépticas se realizaron cada 3 días.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en la evaluación de 1-MCP como retardante de la maduración en granadilla común.

Tratamiento	Concentración de 1-MCP ($\mu\text{g}/\text{lt}$)	Tiempo de exposición (seg)
T1	200	15
T2	200	30
T3	200	60
T4	400	15
T5	400	30
T6	400	60
T7	600	15
T8	600	30
T9	600	60
T10	Control	0

Pérdida de peso. Para esta medición se tomaron 10 frutas por cada tratamiento, las cuales se pesaban cada 3 días en una balanza de precisión. Esta característica se determinó mediante la ecuación siguiente.

$$\%Pp = (p_i - p_f / p_i) * 100$$

donde,

$\%Pp$ es el porcentaje (%) de pérdida de peso, P_i es el peso inicial de la muestra de frutas (g), P_f es el peso final de la muestra de frutas (g).

Dureza. Se determinó utilizando un penetrómetro de lectura máxima de 196.06 kPa y punta cilíndrica de 6 mm de diámetro. La medida se realizó por triplicado, aplicando una fuerza constante en la región ecuatorial, directamente sobre la corteza de la fruta. Los resultados se expresaron en unidades de fuerza (Newton).

Acidez titulable, pH y sólidos solubles totales. Para la determinación de la acidez titulable, el pH y los sólidos totales se utilizaron tres frutas por tratamiento, a las cuales se les retiró la pulpa y se homogenizó

el contenido interno. La acidez titulable (AT) se determinó según el método propuesto por la Norma AOAC 942.15 (2005) y se expresó como porcentaje de ácido cítrico. Los valores de pH se determinaron directamente sobre la pulpa homogenizada utilizando un potenciómetro, y los sólidos solubles totales (SST) por refractómetro (Reichert, Alemania) de forma directa sobre la pulpa homogenizada.

Análisis organoléptico. Este análisis fue realizado cada 3 días por 20 personas que actuaron como jueces no entrenados y juzgaron la apariencia externa utilizando una escala hedónica de nueve puntos: 1 = Me Gustó Extremadamente y 9 = No Me Gustó Extremadamente. Los cambios del estado de maduración se determinaron mediante la coloración de la fruta a través del tiempo y según la Norma ICONTEC NTC 4101 (1997), en la cual se describen los estados de 0 a 6: 0 un fruto de color verde oscuro, bien desarrollado y 6 un fruto con coloraciones anaranjadas y tonalidades rojizas.

Diseño experimental y análisis estadístico. Para evaluar el efecto del 1-MCP se utilizó un diseño factorial 3 x 3 con dos factores, así: factor concentración de 1-MCP con tres niveles: 200 mg/l, 400 mg/l y 600 mg/l, y factor tiempo de exposición con tres niveles: 15 segundos, 30 segundos y 60 segundos. Los tratamientos se aplicaron por triplicado, y se incluyó un testigo higienizado pero sin aplicación de 1-MCP. Los tratamientos aparecen en el Cuadro 2. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (Anova) con el programa para Análisis Estadístico ESTAT versión 2.0 (1993) y la comparación entre medias se hizo mediante la prueba 't' de Tukey ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Estado de maduración de la granadilla común según Norma NTC 4101, sometida a diferentes concentraciones de 1-MCP y tiempos de exposición.

Día	Tratamientos (1-MCP $\mu\text{g}/\text{lt}$)									Control
	200			400			600			
	T1*	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4
6	5	5	5	5	5	5	4	5	6	6
9	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6
12	5	5	5	6	5	6	5	5	5	6
15	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6
18	-	-	-	-	-	-	-	6	6	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) = Las frutas perdieron su vida comercial. Valores de estado de maduración desiguales son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). * Las equivalencias de los tratamientos aparecen en el Cuadro 1.

Resultados y discusión

Peso de fruto. En la Figura 1 se presentan los porcentajes de peso absoluto y las pérdidas relativas de peso acumulado para cada uno de los tratamientos. Se observa una progresiva pérdida de masa a través del tiempo ($P < 0.05$). Esta pérdida es influenciada por los procesos fisiológicos de transpiración y respiración (Kader, 1992). En el día 15 de almacenamiento, por ejemplo, la pérdida acumulada de peso como agua varió entre 17% y 23% en todos los tratamientos. En general durante los 21 días de almacenamiento el tratamiento que presentó mayor valor de pérdida fue el control (T10). Considerando el día 15 de almacenamiento, los valores promedios de pérdida en este periodo no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Dureza. En la Figura 2 se observa la reducción en la dureza de los frutos de granadilla durante el tiempo de almacenamiento. En los 3 primeros días tanto los frutos no tratados como los tratados presentaron reducción en la dureza de la corteza; variaron de 73 N a 37 N. En el día 15 no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en los valores de dureza entre los tratamientos. En este periodo la granadilla del tratamiento T9 presentó una dureza aproximada de 29 N. Saldarriaga (1998) encontró resultados similares en granadilla almacenada a 17 °C durante 11 días. La pérdida de dureza es atribuida a degradación de la pectina y la celulosa en las frutas (Gallo, 1996).

Acidez titulable y pH. Los valores de acidez titulable decrecieron durante el periodo de almacenamiento; en promedio eran de 0.53%, y al finalizar el tiempo de almacenamiento fueron de 0.29%, en el día 21.

En general, los valores de pH tendieron a permanecer constantes durante todo el almacenamiento; presentaron un valor de 4.81 al comienzo y de 4.66 en el día 21. En este periodo el tratamiento 9 presentó un valor de pH de 4.72 y un valor de acidez titulable de 0.59%. Aunque por lo general los valores de pH en frutas poscosecha tienden a aumentar y la acidez titulable tienden a disminuir, en este trabajo con granadilla solamente se observó la reducción de valores de estos últimos valores.

Sólidos solubles totales. Los valores de sólidos solubles presentaron variaciones muy pequeñas durante el almacenamiento (Cuadro 3). Estas fluctuaciones son debidas a la dificultad de seleccionar en el muestreo periódico las frutas con un estado de madurez secuencial. Resultados similares encontraron Chitarra y Chitarra (2005), quienes trabajaron con diferentes tipos de frutas en almacenamiento.

Entre los días 0 y 15 se presentó un ligero aumento en los valores de sólidos solubles totales: pasaron de 13 °brix a 14.5 °brix. Estos resultados son similares a los encontrados por Saldarriaga (1998). En el día 15 las frutas tratadas con 1-MCP a razón de 600 mg/l durante 60 segundos (Tratamiento 9) presentaron el valor más bajo de sólidos solubles totales (12.5 °brix) en comparación con los demás tratamientos ($P < 0.05$). Después del día 15 se observó una reducción en los valores de °brix, lo que refleja el comportamiento típico en la fase de senescencia de los frutos (Chitarra y Chitarra, 2005).

Propiedades organolépticas. En el día 3 de almacenamiento las frutas de granadilla aún conservaban coloración verde. En esta edad los evaluadores les asignaron un valor promedio de 6 (me gustó ligeramente). En el día 15 de almacenamiento las frutas en todos los tratamientos presentaron un valor entre 6 y 9. En los días 18 y 21 de almacenamiento aparecieron manchas oscuras en la superficie de las frutas.

Los tratamientos T8 y T9 en el día 15 de almacenamiento presentaron un estado de maduración menor al presentado en los demás tratamientos (Cuadro 2), lo cual indica que el 1-MCP tuvo un efecto retardante en esta condición de los frutos de granadilla. Los estados de maduración 5 y 6 son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$), lo cual confirma los resultados de Valero *et al.* (2003), quienes encontraron que 1-MCP a concentraciones de 300 mg/l y 500 mg/l tuvo efecto sobre el color del fruto almacenado en condiciones de refrigeración. Estos análisis permiten afirmar que el periodo correspondiente a 15 días de almacenamiento se considera el límite de conservación de las frutas.

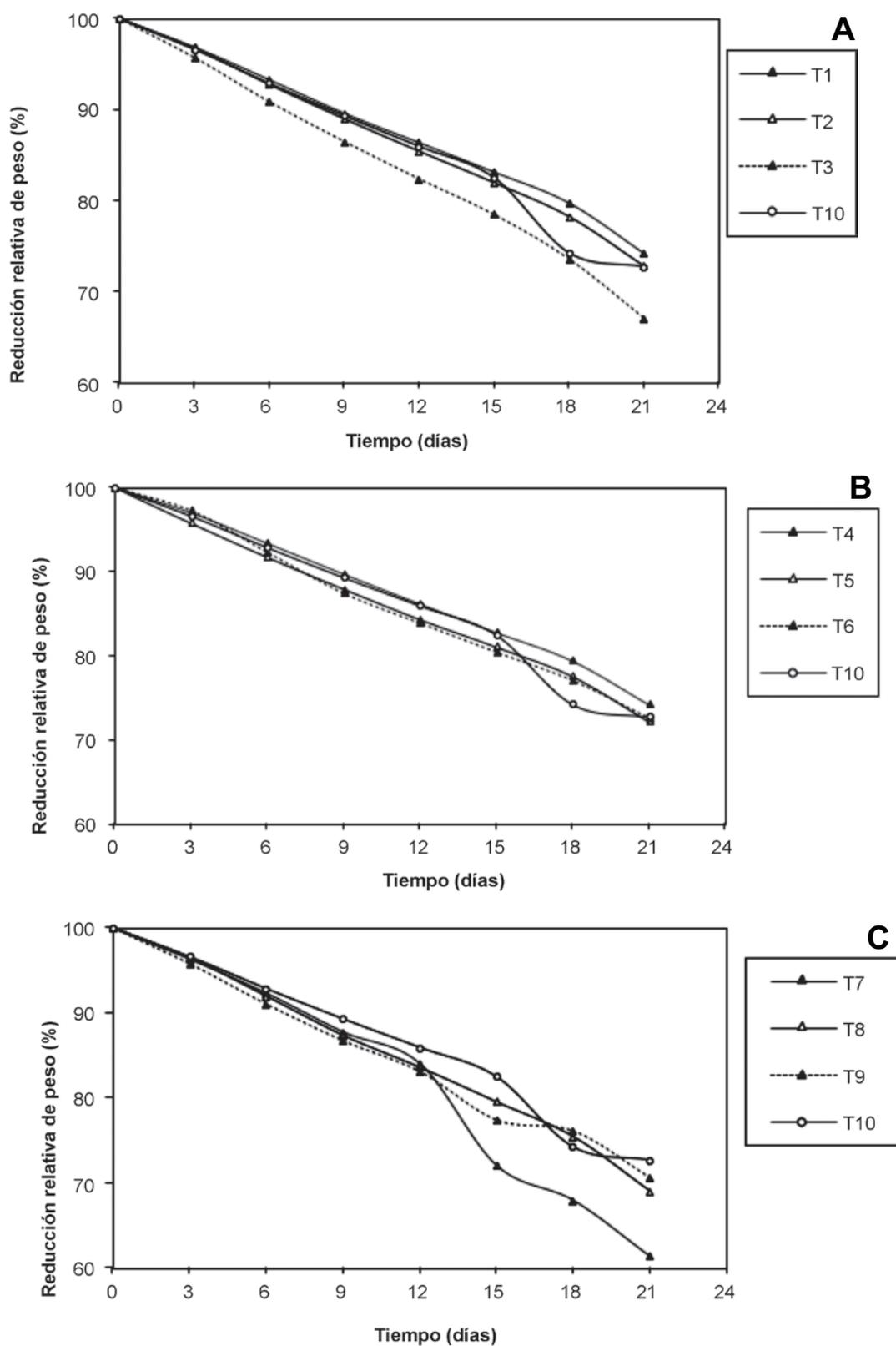


Figura 1. Reducción relativa (pérdida) de peso durante el tiempo de almacenamiento de granadilla tratada con diferentes concentraciones de 1-MCP y distintos tiempos de exposición. **(A)** 200 µg/l y 30 s. **(B)** 400 µg/l y 15 s. **(C)** 600 µg/l y 60 s. Las convenciones de los tratamientos aparecen en el Cuadro 1.

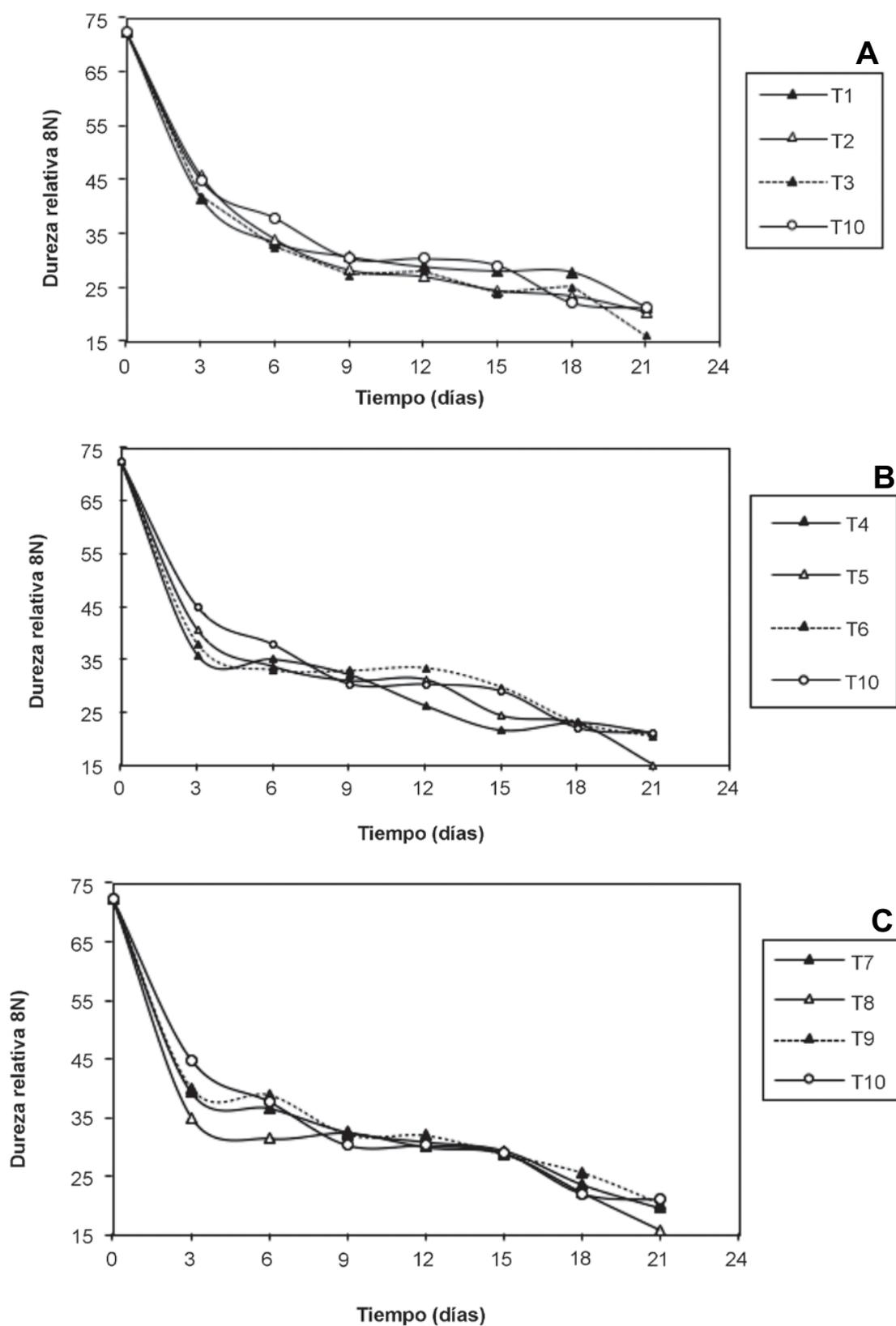


Figura 2. Pérdida relativa de dureza de frutos de granadilla común, expresada en Newton (N), sometida a diferentes concentraciones de 1-MCP y a diversos tiempos de exposición. **(A)** 200 $\mu\text{g/l}$ y 30 seg. **(B)** 400 $\mu\text{g/l}$ y 15 seg. **(C)** 600 $\mu\text{g/l}$ y 60 seg. Las convenciones de los tratamientos aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 3. Evolución del contenido de sólidos solubles totales de la granadilla común, sometida a diferentes concentraciones de 1-MCP y tiempos de exposición.

Día	Tratamiento (1-MCP -µg/lt)									
	200			400			600			Control
	T1*	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
3	13.7	12.4	13.3	13.3	11.7	13.5	13.7	14.3	12.8	12.1
6	13.7	14.5	13.3	13.0	13.3	13.3	12.7	13.8	13.5	13.3
9	13.4	13.0	12.9	12.3	13.2	13.0	14.0	13.0	13.3	13.5
12	13.8	14.7	14.1	14.4	14.0	13.3	13.6	13.3	14.5	14.2
15	13.4	13.9	13.3	13.8	13.3	13.7	14.5	13.4	12.5	14.4
18	12.1	11.9	11.1	12.7	12.8	13.2	11.8	13.1	13.5	11.7
21	13.6	13.5	12.9	12.7	12.3	13.0	13.5	13.5	13.4	14.1

* Las equivalencias de los tratamientos aparecen en el Cuadro 1.

Conclusiones

- La aplicación de 1-MCP a diferentes concentraciones y diferentes tiempos de exposición mostró baja incidencia en el proceso de maduración de granadilla durante el almacenamiento a 27 ± 2 °C y $76 \pm 2\%$ de HR. No obstante, a altas concentraciones de 1-MCP y periodos más largos de exposición la fruta mejoró su vida útil, y los sólidos solubles y las características organolépticas (color y sabor) fueron los más beneficiados.
- El tratamiento de 1-MCP a 600 mg/l durante 60 segundos fue el que mejor conservó la granadilla común y proporcionó una vida útil de 15 días almacenada en las condiciones antes mencionadas.

Referencias

- Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Almeida, A. S.; Machado, F. L. C.; Bastos, M. S. R.; Lima, M. A. C.; Terao, D.; Silva, E. O.; Santos, E. C.; Pereira, M. E. C.; y Miranda, M. R. A. 2005. Postharvest use of 1-MCP to extend storage life of melon in Brazil - current research status. *Acta Hort.* 3(682):2233 - 2238.
- Andrade, J. C. 2004. Conservação pós-colheita do maracujá amarelo tratado com 1-MCP e armazenado sob condições ambiente e refrigerada. Tesis de Maestria, UFERSA. Mossoró, RN, Brasil. 77 p.
- AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists). 2005. *Jugos de Frutas y Derivados*. Arlington, Virginia, USA. AOAC 942.15. Cap. 37. p 10.
- Beno-Moualem, D.; Gusev, L.; Dvir, O.; Pesis, E.; Meir, S.; y Lichter, A. 2004. The effects of ethylene, methyl jasmonate and 1-MCP on abscission of cherry tomatoes from the bunch and expression of endo-1,4-β-glucanases. *Plant Sci.* 167(3):499 - 507.
- Chitarra, M. I. F. y Chitarra, A. B. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio, Lavras: ESAL/FAEPE, Segunda edición, Lavras: UFLA, Brasil. p. 783.
- Dussán-Sarria, S.; Silva, E. O.; Pereira, W. S. P.; Matias, M. L.; y Anselmo, F. D. M. 2005. Efeito da atmosfera modificada passiva e a aplicação de 1-MCP na qualidade pós-colheita de melão Cantaloupe 'Vera Cruz'. *Rev. Hort. Brasil.* 32(2):442 - 443.
- ESTAT. 1993. Sistema para Análises Estatísticas. Universidade Estadual de São Paulo (UNESP). Jaboticabal, SP, Brasil. Versión 2.0.
- Fan, X.; Blankenship, S. M.; y Mattheis, J. P. 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *J. Amer. Soc. HortSci.* 124 (6):690 - 695.
- Gallo, F. 1996. Manual de fisiología, patología post - cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. Convenio Sena - Reino Unido. Armenia, Colombia. p.150.
- Grichko, V.; Serek, M.; Watkins, C. B.; y Yang, S. F. 2006. Father of 1-MCP. *Biotech. Adv.* 24(4):355 - 356.
- Hofman, P. J.; Jobin-Decor, 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 Agr.* 41 (4): 567-572.
- Jiang, Y.; Joyce, D. C.; y Macnish, A. J. 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methyl-

- cyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biol. Technol.* **16**(2):187 - 193.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1997. Frutas frescas. Granadilla Especificaciones, Norma 4101, Bogota, Colombia. p. 16.
- Kader, A. A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Div. of Agric. and Nat. Resources, California, E.U. p. 296.
- Kluge, R. A.; Jacomino, A. P.; Martinez Ojeda, R.; y Brackmann, A. 2002. Avocado ripening inhibition by 1-methylcyclopropene. *Pesq. Agropec. Bras.* **37**(7):895 - 901.
- Mao, L.; Wang, G.; y Que, F. 2007. Application of 1-methylcyclopropene prior to cutting reduces wound responses and maintains quality in cut kiwifruit. *J. Food Eng.* **78**(1):361 - 365.
- Parra-Morera, M.; Aguilera-Alvear, A.; Escobar-Torres, W.; Rubiano-Zambrano, V.; y Rodriguez-Carlosama, A. 2011. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de granadilla en el Departamento del Huila. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Proyecto transición de la agricultura. Universidad del Valle, Instituto de prospectiva, innovación y gestión del conocimiento Corporación Cepass - Huila. 166p. (Disponible en: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/agenda_granadilla_en_el_huila.pdf, 20-08-2011).
- Saldarriaga, R. L. 1998. Manejo poscosecha de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Serie de paquetes de capacitación sobre manejo poscosecha de frutas y hortalizas No. 7. Convenio SENA-Reino Unido, Armenia, Colombia. 266 p.
- Sisler, E. C. y Blankenship, S. M. 1996. Method of counteracting an ethylene response in plants. U.S. Patent No. 5 518 988.
- Sisler, E. C.; Dupille, E.; y Serek, M. 1996. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Regul.* **18** (1 y 2):79 - 86.
- Valero, D.; Martínez-Romero, D.; Valverde, J. M.; Guillén, F.; y Serrano, M. 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. *Innovative Food Sci Emerg Technol.* **4**(3):339 - 348.