

NOTA TÉCNICA

Evaluación del efecto de la aplicación de 1-mcp y la conservación en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha de duraznos en dos estados de madurez

Tonetto De Freitas S.¹; Sautter C.¹; Silveira A. C. ² y Brackmann A.¹

¹ *Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Dpto. de Fitotecnia, CEP 97105-900. Santa Maria, RS.*

² *Producción Vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Av. Eugenio Garzón 780. CP 12900, Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: acsilver@fagro.edu.uy*

Recibido: 14/3/2007 Aceptado: 30/7/2007

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto de la aplicación poscosecha de 1-metilciclopropano (1-MCP) sobre la mantención de la calidad de duraznos cv. "Eldorado", cosechados en dos estados de madurez y almacenados en ambiente refrigerado sin modificación de la atmósfera (AR) y en atmósfera controlada con 2 kPa de O₂ y 5 kPa de CO₂ (AC). De acuerdo con los resultados obtenidos, luego de 20 días de almacenamiento a 0.5° C más 4 días de vida de mostrador a 15° C, la aplicación de 1-MCP presentó poco efecto en el mantenimiento de la calidad aunque se mantuvo la firmeza de la pulpa en aquellos frutos cosechados en un estado de madurez menos avanzada (M1) y almacenados en AC. En los demás parámetros evaluados no hubo efecto significativo del 1-MCP. En el caso de frutos cosechados en un estado de madurez menos avanzado, se registró una mayor acidez titulable así como una coloración de la epidermis más verde y menor oscurecimiento de la pulpa independiente de la aplicación de 1-MCP y de la forma de almacenamiento (AR o AC).

Palabras clave: Etileno, firmeza, oscurecimiento de la pulpa, podredumbres

Summary

Evaluation of the 1-mcp application effect and the controlled atmosphere storage in the postharvest quality of peach in two different maturity stages

The present work had the objective to evaluate the 1-methylcyclopropane (1-MCP) effect, applied in the postharvest period, in the quality maintenance of cv. "Eldorado" peach, harvested in different maturity stages. The fruit were stored in cool room without atmosphere modification (RA) and in controlled atmosphere condition with 2 kPa of O₂ and 5 kPa of CO₂ (CA). After 20 days of storage at 0.5° C plus 4 days of shelf life at 15° C, the 1-MCP showed a not important effect in the quality maintenance. Nevertheless, the 1-MCP had an effect in the firmness maintenance in the fruits that were harvested in a less advanced maturity stage (M1) and stored in CA conditions. No 1-MCP significant effect was showed in the others parameters evaluated. The fruits harvested in a less advanced stage showed highest titratable acidity, a greener epidermis color and a less internal browning independent of the 1-MCP application and the storage's model (RA, CA).

Key words: Ethylene, firmness, internal browning, rots.

Introducción

El etileno tiene un importante papel en el proceso de maduración de los frutos, promoviendo cambios cualitativos deseables e indeseables, como pueden ser la formación de aromas y la degradación de azúcares y ácidos y la pérdida de firmeza de la pulpa (Herrero y Guardia, 1992). Los duraznos, al igual que otros frutos de carozo, presentan un patrón respiratorio de tipo climatérico, donde el etileno es la hormona responsable de desencadenar los procesos vinculados con la maduración y la senescencia. Los frutos se ablandan rápidamente luego de la cosecha determinando pérdidas importantes en la subsiguiente cadena de comercialización generadas por la reducción en la vida poscosecha como consecuencia del deterioro de la calidad. Por esta razón se cosechan en estado preclimatérico, para que puedan soportar la manipulación posterior, lo que determina muchas veces que los frutos no alcancen la plenitud de sabor y aroma. Por lo tanto, la inhibición de la síntesis y/o de la acción del etileno en frutos climatéricos como el durazno, es de fundamental importancia para retardar el proceso de maduración y promover el mantenimiento de la calidad poscosecha de los frutos (Crisosto, 1994). Los tratamientos inhibidores del rápido ablandamiento luego de la cosecha pueden permitir cosechar en un estado de madurez más avanzado y con mejores características organolépticas. La acción del etileno sobre los frutos puede reducirse a través de la aplicación de un compuesto volátil, el 1-metilciclopropano (1-MCP). El 1-MCP es un gas de fórmula C_4H_6 y peso molecular 54 capaz de ocupar los sitios que ocupa el etileno a nivel de receptores de las membranas celulares de manera que el etileno no pueda ejercer su acción fisiológica, reduciéndose así el proceso de maduración y aumentando por tanto el potencial de almacenamiento de los frutos. Las enzimas ACC oxidasa y ACC sintetasa así como la acumulación de mRNA, son inhibidas por el 1-MCP (Dong *et al.*, 2001; Mathooko *et al.*, 2001). Otra de las ventajas que presenta es que tiene una afinidad 10 veces mayor que la del etileno y es más reactivo a menores concentraciones (Sisler, 1991; Sisler y Serek, 1997). Se ha visto que el 1-MCP tiene efecto en diferentes especies como en el caso de la frutilla donde Jiang *et al.* (2001) observaron una disminución en la producción de este gas al igual que en damasco y ciruelas (Dong *et al.*, 2002), y una inhibición en el caso de manzanas cultivares “Fuji”, “Red Delicious” y “Granny Smith” (Fan *et al.*, 1999). Cuando los frutos se tratan con 1-MCP el pico de etileno que se produce durante el cli-

materio se retrasa alrededor de 6 días además de ser de menor magnitud, (Jeong *et al.*, 2002, Abdi *et al.*, 1998, Fan *et al.*, 2000). Si bien este inhibidor del etileno retrasa la madurez de consumo y aumenta la calidad de los frutos climatéricos (Abdi *et al.*, 1998; Fan *et al.*, 1999), han surgido dudas en cuanto a su eficacia en frutos de carozo. Estudios realizados con damascos, duraznos, ciruelas y nectarinas (Abdi *et al.*, 1998; Fan *et al.*, 2000; Fan *et al.*, 2002; Dong *et al.*, 2001, 2002) encontraron que el 1-MCP retardó el ablandamiento pero sin embargo tuvo un efecto negativo sobre la calidad de la pulpa, aumentando la incidencia del oscurecimiento y otros desórdenes fisiológicos. En base a esto, el objetivo del presente trabajo fue el evaluar el efecto de la aplicación poscosecha de 1-MCP sobre el mantenimiento de la calidad poscosecha de durazno cv. «Eldorado» cosechados en dos estados de madurez y almacenados en refrigeración sin modificaciones de la atmósfera y atmósfera controlada.

Materiales y métodos

Este trabajo fue realizado en el Núcleo de Pesquisa Pós-colheita (NPP), del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Federal de Santa María, en el año 2003, utilizando duraznos cultivar “Eldorado”. Los frutos fueron cosechados en un predio comercial de la región de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil) en dos estados de madurez: M1: color de fondo de la epidermis verde M2: color de fondo de la epidermis amarillo-verdoso. El experimento constó de dos repeticiones de 9 frutos para cada uno de los tratamientos, usándose un diseño experimental completamente al azar. Para la aplicación de 1-MCP, al momento de la instalación de los ensayos, el producto comercial Smartfresh (0.14%), fue disuelto en 25 mL de agua a 60° C y posteriormente colocado en placas de petri en el interior de las mini cámaras de 232 L, herméticamente cerradas a 0.5° C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo se retiraron las placas de petri y se procedió al cierre de las cámaras y a la instalación de las AC. Para obtener las concentraciones de los gases se realizó la dilución del O_2 inyectando N_2 y luego CO_2 hasta alcanzar los niveles deseados (2 kPa de O_2 y 5 kPa de CO_2). Para el mantenimiento de las presiones parciales de los gases se realizaron análisis diarios a través de un equipo automático marca Kronenberger Sistemtechnik®. Los niveles de CO_2 se mantuvieron a través de la circulación del gas de cada mini-cámara por un absorbedor con hidróxido de potasio (40%). Para compensar el O_2 consumido por la respiración de los frutos, se realizaron periódicamente inyec-

ciones de aire en las cámaras. Los frutos se almacenaron a 0.5° C en mini cámaras durante 20 días. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Luego del período de almacenamiento los frutos se colocaron a 15° C por un período de 4 días simulando las condiciones de comercialización (vida de mostrador). Los análisis físicoquímicos se hicieron luego del período de vida de mostrador.

Al momento de la instalación fueron analizadas tres repeticiones de 10 frutos cada una para cada uno de los estados mencionados. Los resultados obtenidos en el análisis inicial se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Concentraciones de 1-MCP aplicadas a duraznos cv. "Eldorado" cosechados en dos estados de madurez y almacenados en refrigeración sin modificación de la atmósfera y con atmósfera controlada. Santa Maria, RS, 2003.

Concentración de 1-MCP (nL.L ⁻¹)	Estado de madurez	Atmósfera controlada O ₂ +CO ₂ (kPa)
0	M1	AR*
1000	M1	AR
0	M1	2,0+5,0
1000	M1	2.0 + 5.0
0	M2	AR
1000	M2	AR
0	M2	2.0 + 5.0
1000	M2	2.0 + 5.0

Almacenamiento refrigerado (21 kPa de O₂ y 0,3 kPa de CO₂).

Los parámetros indicadores de calidad evaluados fueron los siguientes:

Firmeza de la pulpa. Fue medida en dos lados opuestos de la región ecuatorial del fruto, donde se retiró previamente la epidermis. La medición se realizó con un penetrómetro manual, con puntera de 8 mm y los valores se expresaron en Newton (N), (Mitcham *et al.*, 1996).

Sólidos solubles totales (SST). Para la medición de los SST, se utilizó el jugo de los frutos de cada una de las repeticiones. Las mediciones se realizaron con un refractómetro digital Atago autocompensado por temperatura, y los valores se expresaron en ° Brix, (Mitcham *et al.*, 1996).

Acidez titulable (AT). La medición de la AT se realizó en una muestra de 10 ± 0,1 mL de jugo de cada una de las repeticiones, diluidos en 100 ± 0,1 mL de agua destilada, mediante titulación con una bureta digital, utilizando hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 8,1 medido con un pHmetro digital. Los valores se expresaron como cmol.L⁻¹, de ácido málico (Mitcham *et al.*, 1996).

Color de la epidermis. La determinación del color de la epidermis se hizo con un colorímetro marca Minolta, modelo CR 300, la lectura se realizó en la parte coloreada del fruto. Se midieron los parámetros L, a* y b* de la escala tridimensional del sistema CIELAB. Los valores se expresaron como a+b.

Podredumbres. La incidencia de podredumbres se evaluó contabilizando los frutos que presentaron lesiones de tamaño superior a 5 mm de diámetro y con características típicas de ataque de hongos.

Oscurecimiento de la epidermis. Este parámetro fue determinado a través del análisis visual, siendo los resultados expresados en porcentaje de oscurecimiento; oscurecimiento interno, obtenido a través del porcentaje de frutos con daño en la pulpa.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los parámetros evaluados,

Cuadro 2. Características físico-químicas de duraznos cv. «Eldorado», al momento de la cosecha. Santa Maria, RS, 2003.

Estado de madurez	Firmeza de la pulpa (N)	Acidez titulable (cmol.L ⁻¹)	SST (°Brix)	Color (a+b)
M1	81.4	12.9	11.7	54.2
M2	85.4	8.0	11.7	72.8

Cuadro 3. Variables físico-químicas medidas en duraznos cv. "Eldorado" luego de 20 días de almacenamiento refrigerado, más 4 días de vida de mostrador a 15° C. Santa Maria, RS, 2003.

1-MCP (nL.L ⁻¹)	Tratamientos	Firmeza de la pulpa (N)	AT (cmol.L ⁻¹)	SST (° Brix)	Color		Podredumbre (%)	
					(a+b)	(a+b)		
	Estado de madurez	O ₂ +CO ₂ (kPa)			Oscurcimiento de la epidermis (%)	Oscurcimiento de la pulpa (%)		
0	M1	AR	9.5 a	10.6 a	48.7 c	8.50 a	22,2 b c	44,4 a
1000	M1	AR	9.7 a	10.9 a	51.9 b c	5.50 a b	27,7 b c	38,8 a
0	M1	2.0+5.0	10.0 a	11.8 a	52.0 b c	4.50 b c	22,2 b c	33,3 a
1000	M1	2.0+5.0	10.4 a	11.3 a	52.6 b c	4.00 b c	11,1 c	11,1 a
0	M2	AR	7.3 b	11.5 a	56.8 a b	3.50 b c	77,7 a	66,6 a
1000	M2	AR	7.5 b	11.1 a	58.9 a	4.75 a b c	27,7 b	94,4 a
0	M2	2.0+5.0	8.5 a b	11.3 a	54.1 a b	2.25 c	55,5 a b	50,0 a
1000	M2	2.0+5.0	8.6 a b	12.2 a	55.2 a b	2.50 b c	49,9 a b	77,7 a
CV (%)	-	-	8.61	6.93	4.49	33.09	42,01	40,9

*Medias no seguidas por las mismas letras en la vertical, difieren estadísticamente entre sí por el test de Duncan (Pd> 0.05).

siendo las medias comparadas por el test de Duncan ($P > 0.05$), utilizándose el paquete estadístico SOC, software libre desarrollado por el la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). Las variables expresadas como porcentaje fueron transformadas usando la fórmula $\text{arc. sen}(X/100)^{1/2}$, antes de realizar el análisis de variancia correspondiente.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos, luego de 20 días de almacenamiento refrigerado en AC, AR y 4 días de vida de mostrador, se muestran en el Cuadro 3. Los frutos en estado de madurez M1 tratados con 1-MCP y almacenados en AC, mantuvieron una mayor firmeza de la pulpa. Este comportamiento fue observado por otros autores en frutos de carozo (Fan *et al.*, 2002; Dong *et al.*, 2001 y 2002; Kluge y Jacomino, 2002; Skog, 2001). Según estos autores, el 1-MCP inhibe la acción del etileno, potenciando el efecto de la atmósfera controlada y además tiene un efecto negativo sobre la actividad de las enzimas exo-poligalacturonasa y endo-glucanasa implicadas en los procesos de degradación de la pared celular que determinan el ablandamiento de los frutos. Este efecto se observó solo en los frutos de la primera cosecha ya que probablemente se encontraban en la fase preclimaterica. Según Fan *et al.* (2000) el estado de desarrollo o madurez del órgano vegetal debe ser considerado al momento de aplicar 1-MCP ya que su efecto disminuye a medida que este avanza. Esto fue observado en frutos de damasco (*Prunus armeniaca*) siendo menor la respuesta en aquellos frutos de madurez más avanzada. La acidez titulable y los sólidos solubles no fueron afectados por la aplicación de 1-MCP (Cuadro 3). Esto esta de acuerdo con trabajos realizados sobre frutos de carozo donde no se encontró efecto de la aplicación de 1-MCP sobre acidez total y los sólidos, (Dong *et al.*, 2002).

En relación al color de la epidermis, los tratamientos realizados sobre los frutos que se encontraban en el estado de madurez M1, presentaron coloración más verde independientemente de la aplicación de 1-MCP y de la forma de almacenamiento. Según trabajos realizados por Abdi *et al.* (1997), la asociación entre el cambio de color y el etileno varía según el tipo de pigmento, la especie y el tipo de tejido en el que se inicia la síntesis. Por tanto el desarrollo del color en los frutos puede ser dependiente o independiente del etileno (Lelievre *et al.*, 1997). En damascos por ejemplo, se encontró que el cambio de color es independiente del etileno, Dong *et al.* (2002).

Sin embargo otros autores afirman que el 1-MCP también tiene efecto sobre el color ya que retarda la degradación de la clorofila y otros pigmentos. Fan *et al.* (2000), encontraron que frutos de damascos tratados con el gas eran más verdes y exhibían menor cambio de color en relación a los frutos no tratados. Este comportamiento también fue observado en duraznos por (Kluge y Jacomino, 2002). El oscurecimiento de la epidermis no fue influenciado por la aplicación de 1-MCP, por el estado de madurez ni por la forma de almacenamiento (AC y AR). No obstante la aplicación de 1-MCP determinó un menor oscurecimiento de la pulpa en los frutos que se encontraban en estado de madurez más avanzado (M2) al ser almacenados en ambiente refrigerado sin modificación de la atmósfera (AR). Resultados semejantes fueron encontrados por Fan *et al.* (1999), donde la aplicación de 1-MCP reducía la incidencia de disturbios fisiológicos. La incidencia de podredumbre no fue afectada por la aplicación de 1-MCP, así como por el estado de madurez o las condiciones de almacenamiento.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la aplicación de 1-MCP a pesar de mantener la firmeza de la pulpa en aquellos frutos cosechados en un estado de madurez menos avanzado, no tiene efecto sobre los demás parámetros de calidad evaluados en duraznos cv. "Eldorado".

Bibliografía

- Abdi, N.; McGlasson, W. B.; Holford, P.; Willams and M.; Mizrahi, Y. 1998. Responses of climateric and suppressed- climateric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. N°14, p. 29-39.
- Abdi, N.; Holford, P.; McGlasson, W. B. and Mizrahi Y. 1997. Ripening behavior and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. *Postharvest Biology and Technology*. 12:21-34.
- Crisoto C. H. 1994. Factores que afectan la calidad de la fruta y su deterioro en postcosecha. En: *Curso internacional de frutales de carozo*. General Roca, Río Negro. p.1-10.
- Dong L.; Luri S. and Zhou H-W. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of "Canino" apricots and "Royal Zee" plums. *Postharvest Biology and Technology*. 24:135-145.
- Dong L.; Zhou H. W.; Sonogo L.; Lers A. and Luri S. 2001. Ethylene involvement in the cold storage disorder of "Flavortop" nectarine. *Postharvest Biology and Technology*. 23:105-115.

- Fan X.; Argenta L. and Mattheis J. P.** 2002. Interactive effects of 1-MCP and temperatures on "Elberta" peach quality. *HortScience*. 37:134-138.
- Fan X.; Argenta L. and Mattheis J. P.** 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biology and Technology*. 20:135-142.
- Fan X.; Blankenship S. M. and Mattheis J. P.** 1999. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the America Society of Horticultural Science*. Alexandria. 24:1-6.
- Herrero A. and Guardia J.** 1992. Conservación de frutos-manual técnico. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 409 pp.
- Jiang Y.; Joyce D. C. and Terry L. A.** 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology*. 23: 227-232.
- Jeong J.; Huber D. J.; and Sargent S. A.** 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 25:241-256.
- Kluge R. A. and Jaconimo A. P.** 2002. Shelf life of peaches treated whit 1-methylcyclopropene. *Scientia-Agricola*. 59:69-72.
- Lelievre J. M.; Tichit L.; Dao P.; Fillion L.; Nam Y.W.; Pech J. C. and Latche A.** 1997. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis*, L.) fruits. *Plant Molecular Biology*. 33:847-855.
- Mathooko F. M.; Tsunasima Y.; Owino W., Kubo Y. and Inaba A.** 2001. Regulation of genes encoding ethylene biosynthesis enzymes in peach fruit by carbon dioxide and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 21:265-281.
- Mitcham E.; Cantwell M. and Kader A.** 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishables Handling Newsletter*. Issue 85:1-5.
- Sisler E. C.** 1991. Ethylene binding components in plants. In: A. K. Mattoo and J. C. Suttle (eds.). *The plant hormone ethylene*. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 81-99.
- Sisler E. C. and Serek M.** 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant*. 100:577-582.
- Skog L. J.; Schaefer B. H. and Smith P. G.** 2001. 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest sorage and ripening. *Acta Horticulturae*. 553:171-172.