

(S1-P99)

CALIDAD POSTCOSECHA A 20°C DEL FRUTO DE ALBARICOQUE 'BÚLIDA' RECOLECTADO EN TRES ESTADOS DE MADUREZ Y PRETRATADO CON 1-MCP

JOSÉ OLMO y JUAN PABLO FERNÁNDEZ-TRUJILLO*

Universidad Politécnica de Cartagena. Dpto. Ing. Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Pº Alfonso
XIII. ETSIA e Instituto de Biotecnología Vegetal.
30203 Cartagena (Murcia). España. Juanp.fdez@upct.es ó jf68es@terra.es

Palabras clave: *Prunus armeniaca* - textura, acidez – color - pérdida de peso.

RESUMEN

Frutos de albaricoque (*Prunus armeniaca* L., cv. Búlida) se recolectaron en tres estados de madurez (verde o preclimático, pintón, maduro) y pretrataron con 1000 ppb de 1-metilciclopropeno (1-MCP) a 18,6±1°C durante 0 (control durante 20 h en aire), 12 ó 20 h. Los frutos se conservaron envasados en polipropileno macroporoso a 20,6±1°C hasta 8 días. El objetivo fue comprobar la eficacia del 1-MCP para frenar o retrasar los cambios de calidad asociados a la maduración de este fruto climatérico. De los tiempos aplicados con 1-MCP el más idóneo para retrasar la maduración respecto al control fue 20 horas. En frutos verdes el 1-MCP redujo el ablandamiento. En frutos maduros y pintones redujo las pérdidas de peso. Los efectos sobre pH, sólidos solubles o acidez del 1-MCP fueron escasos con relación al tiempo de conservación. En general el tratamiento retrasó el viraje a naranja de la epidermis hasta unos 3 días, pero su aplicación sin refrigeración posterior no es recomendable.

POSTHARVEST QUALITY AT 20°C OF 'BÚLIDA' APRICOT FRUIT HARVESTED IN THREE STAGES OF MATURITY AND PRETREATED WITH 1-MCP

Key words: *Prunus armeniaca* – texture – acidity – color - weight loss.

ABSTRACT

Apricot fruit (*Prunus armeniaca* L., cv. Búlida) harvested in three states of maturity (green, mature-green and mature) were treated with 1000 ppb of 1-methylcyclopropene (1-MCP) at 18,6±1°C during 12 or 20 hours) or in air for 20 h. The fruit were later stored up to 8 days at 20.6±1°C under macroperforated polypropylene films. The goal of this work was to assay the effectiveness of 1-MCP to arrest or delay the ripening process without the use of refrigeration. The best results were obtained by applying 1-MCP for 20 h due to several effects during storage compared with control fruit. In immature fruit, 1-MCP reduced softening. In mature-green and mature fruit reduced weight losses. The effects of 1-MCP on pH, soluble solids, or titratable acidity were scarce compared with storage time. The epidermal color changes from green to orange were delayed compared with control by about 3 days, without any effect thereafter. In general, 1-MCP alone is advisable as a coadjutant of refrigeration.

INTRODUCCIÓN

El albaricoque 'Búlida' es una variedad tradicional española importante en el NW de la Región de Murcia por su doble aptitud para mercado en fresco e industrialización. Es una variedad climatérica con corta vida postcosecha. Su pérdida de calidad está asociada a una rápida pérdida de acidez y firmeza del fruto, un aumento de sólidos solubles y con el desarrollo de *Monilia* sp. (Amorós et al., 1989; Crisosto et al., 2000).

Una alternativa para prolongar la vida poscosecha es el uso de 1-meticiclopropeno (1-MCP), que sólo está autorizado para albaricoque en Estados Unidos, y se ha mostrado como un compuesto seguro (Blankenship y Dole, 2003). La aplicación del 1-MCP sobre el albaricoque bloquea los receptores de etileno y alarga su vida comercial al igual que en otras frutas de hueso (Watkins, 2006). El 1-MCP aplicado a dosis de $1000 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ se ha visto más eficaz para reducir la producción de etileno en los cultivares Goldrich y Moniquí cuando se aplica en la transición de pre- a post-climatérico (Chahine et al., 1999; Marty et al., 2005). También es eficaz para reducir la maduración inducida por impacto (De Martino et al., 2006).

El 1-MCP se muestra poco efectivo para frenar la maduración en frutos de albaricoque 'Búlida' postclimatéricos sin refrigeración (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2002). El objetivo del trabajo es evaluar la efectividad del 1-MCP según el estado de madurez del albaricoque y el tiempo de aplicación del producto durante la conservación postcosecha. También se caracterizaron los diferentes atributos de calidad en los tres estados de madurez en cuanto al comportamiento estadístico de sus variables, de cara a futuros experimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de albaricoque (*Prunus armeniaca* cv Búlida) fueron recolectados en Calasparra (Murcia) y se transportaron al laboratorio para su clasificación y selección por estado de madurez. La aplicación del tratamiento con $1000 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ (ppb) de 1-MCP a $18,6\pm 1^\circ\text{C}$ °C d se realizó en tres bidones herméticos de polietileno de alta densidad de 28,3 L durante 12 ó 20 h según Fernández-Trujillo y Sánchez (2003), habiendo separado previamente los frutos por estados de madurez y habiéndose introducido en bolsas de polipropileno macroperforado al azar. El control se mantuvo en bidón hermético en aire durante 20 h. Tras el pretratamiento los frutos sanos y libres de defectos se ventilaron al menos 1 h y con las bolsas abiertas y se cerraron estas mismas bolsas de polipropileno macroperforado (32 perforaciones de 1,2 mm por dm^2 y 20 μm de espesor). La experiencia constó de 6 réplicas para el estado verde con 10 frutos cada una, 5 réplicas de 20 frutos cada una del estado pintón y 2 réplicas de 10 frutos cada una del estado maduro. La conservación de los frutos embolsados se prolongó hasta 8 días a $20\pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa del aire fuera del envase del 65%.

Los parámetros de color evaluados en los frutos fueron luminosidad, croma y ángulo Hue (L^* , C^* , H^*) según Fernández-Trujillo y Sánchez (2002). Los parámetros de color de fondo se midieron en dos puntos opuestos de la epidermis –sutura del fruto, zona opuesta-, aproximadamente en la zona ecuatorial del fruto. También se midió el color d pulpa o en el licuado con un colorímetro Minolta CR-300. Se determinó también la firmeza en un punto donde se midió el color de la zona ecuatorial del fruto (penetrómetro Effegi FT-327, punzón 7,9 mm, Italia). Igualmente se evaluó la dureza en dos puntos opuestos de la zona ecuatorial de la epidermis del fruto con un durómetro Durofel (Copa-Tecnologie, Tarascon, Francia) equipado de una contera de igual superficie que el penetrómetro ($0,10 \text{ cm}^2$) y medidas de 0 a 100. Sobre el licuado de pulpa de 5-10 frutos sanos se determinó el pH (Crison Basic 20), la

acidez por titración (1 mL de zumo diluido en agua hasta 40 mL y llevado hasta pH 8,11 con NaOH facturada 0.1 N, expresándose sus resultados en $\text{mmol H}^+ \cdot \text{L}^{-1}$), y los sólidos solubles totales (SST en °Brix; refractómetro Atago). Durante la experiencia y sobre los mismos frutos se evaluaron la pérdida de peso, dureza y color de la piel. También se inspeccionaron sus posibles alteraciones fúngicas y fisiológicas. Las temperaturas durante la experiencia se midieron con un registrador HOBO (EIC, Madrid).

Los parámetros que caracterizaron el estado de la madurez de los frutos en la recolección (media \pm desviación estándar, $n=10$ frutos individuales; color en zona opuesta a la sutura) fueron:

- Frutos verdes: $H^*_{\text{piel}}=80,8 \pm 5^{\circ}$; firmeza= 93 ± 13 N; SST = $10,7 \pm 1.2$ °Brix).
- Frutos pintones: $H^*_{\text{piel}}=77,4 \pm 4^{\circ}$; firmeza= 74 ± 13 N; SST = 12.0 ± 1.4 °Brix).
- Frutos maduros: $H^*_{\text{piel}}=74,4 \pm 6^{\circ}$; firmeza= 60 ± 22 N; SST = $12,4 \pm 1$ °Brix).

Las variables analizadas (Y) se sometieron previamente a un análisis exploratorio de datos para detectar datos anómalos (diagrama de caja y bigote) y desviación de la distribución normal (diagrama probabilística normal). En su caso se plantearon los análisis estadísticos y transformaciones oportunas para garantizar la normalidad de los datos previo a su análisis de la varianza (ANOVA).

El modelo para el ANOVA utilizado en general respondió al tipo: $Y_{ijk\ t} = \mu + \text{Mad}_i + t1\text{MCP}_j + \text{tiempo}_k + \text{Mad}_i * t1\text{MCP}_j + \text{Mad}_i * \text{tiempo}_k + t1\text{MCP}_j * \text{tiempo}_k + \text{Mad}_i * t1\text{MCP}_j * \text{tiempo}_k + \varepsilon_{(ij)t}$, donde $Y_{ijk\ t}$ fue la t ava réplica para un determinado atributo de calidad en el i avo estado de madurez ($i = 1, 2, 3$ correspondientes a verde, pintón, maduro) el j avo tiempo de aplicación del 1-MCP ó t1MCP ($j = 0, 12, 20$, en horas) y el k avo tiempo en días a 20°C ($k=1, 3$, etc.). El parámetro μ era el efecto medio sobre el atributo de calidad mientras que ε era el error estimado por el modelo. Cuando el análisis de varianza indicó de efectos o interacciones significativas a $P \leq 0,05$ se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al comportamiento estadístico, las variables analizadas presentaron un comportamiento asimilable a una distribución normal, pero a tiempos en los que se manifiesta senescencia (7-8 d a 20°C) los datos que se obtienen pueden no ser comparables a los obtenidos a tiempos cortos (porque los frutos más maduros no soportan este tiempo de conservación), obligando a un análisis estadístico separado. Es el caso de sólidos solubles, pH, o acidez titulable, color de la pulpa en la zona de la sutura del fruto, o la dureza del fruto. Este último parámetro mostró un diagrama probabilística normal característico de mezcla de poblaciones con forma de silla (Fig. 1). Los datos obtenidos durante los primeros 3-4 días a 20°C se analizaron por separado de los obtenidos con posterioridad, probablemente debido al desarrollo de alteraciones al final de la conservación.

La aplicación de 1-MCP en general redujo las pérdidas de peso especialmente en frutos verdes y maduros (Fig. 2), lo que contrasta con resultados anteriores en 'Búlida' (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2002). En otros cultivares de albaricoque el 1-MCP si redujo estas pérdidas de peso (Botondi et al., 2003; De Martino et al., 2006).

Con respecto la L^* de la epidermis en la sutura de la piel del fruto, la aplicación de 1-MCP durante 20 horas frenó la maduración pero solo en tiempos cortos de almacenamiento (hasta 3 días, datos no mostrados). Luego la luminosidad disminuyó como en el resto de tratamientos, y de acuerdo con resultados previos (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2002). Al tratar con 1-MCP durante 20 h a los frutos verdes, en su zona opuesta de la sutura de la piel se

produjo un descenso de L^* con relación al control no explicable que podría estar asociado con alteraciones.

Respecto a la croma de la epidermis, sólo en la zona de sutura de frutos pintones el 1-MCP aplicado a 12 o 20 h frenó su aumento (Figs. 3 y 4). Fan et al. (2000) tampoco obtuvieron diferencias en croma de la piel al aplicar 1-MCP, ni tampoco Fernández-Trujillo y Sánchez (2002) o Botondi et al. (2003).

La aplicación de 1-MCP durante 20 h provocó un retraso en el viraje hacia la coloración anaranjada (tono o H^*) de la zona de sutura de los frutos maduros, pero fue pequeña e irrelevante comercialmente frente a la tendencia general de descenso (Fig. 5). En las demás zonas donde se midió no existieron diferencias significativas, lo que concuerda con la ineficacia del 1-MCP sobre el cambio de color del albaricoque descrita por Botondi et al. (2003). Marty et al. (2005) tampoco obtuvieron diferencias relevantes en este parámetro asociado a la biosíntesis de β -caroteno.

En albaricoque coexistieron reacciones físicas (pérdida de turgencia) y bioquímicas (principalmente relacionadas con la lámina media de la pared celular) (Botondi et al., 2003), que ocasionaron una pérdida de textura del fruto (Fig. 6). La aplicación de 1-MCP durante 20 horas frenó la pérdida de dureza del fruto pero en tiempos cortos y en estado de madurez poco avanzado (verde y pintón), con el transcurso del almacenamiento el 1-MCP no tuvo ya efecto significativo a partir del tercer día donde continuó con su descenso lineal (Fig. 4). La escasa eficacia obtenida por el 1-MCP para reducir el ablandamiento en 'Búlida' en este y otros trabajos (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2002), contrasta con los relativamente buenos resultados de otros cultivares (Fan et al., 2000; Mencarelli et al., 2006) que si lograron frenar la pérdida de firmeza debido en parte a que utilizaron como coadyuvante la refrigeración.

El 1-MCP tampoco frenó la pérdida de acidez del zumo que ocurrió en todos los estados de madurez, lo que está de acuerdo con Fernández-Trujillo y Sánchez (2002). El 1-MCP tampoco pareció afectar a los sólidos solubles totales y tuvo escaso efecto sobre el leve aumento (4-10% de fin de conservación respecto al inicio) de pH de los frutos (datos no mostrados), lo que concuerda con resultados previos (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2002).

En general, los frutos tratados con 1-MCP durante 20 h mantuvieron su calidad hasta los 4 días, y al tratar sólo durante 12 h maduraron ligeramente más rápido. Este hecho ya ha ocurrido en otros casos. En fresa concentraciones inapropiadas para el fruto aceleraron la pérdida de calidad del fruto, disminuyendo la vida en postcosecha (Jiang et al., 2001). En melocotón, el 1-MCP en algunos casos también resulta inadecuado para mantener la calidad en refrigeración, pues puede aumentar las alteraciones fisiológicas (Fan et al., 2002).

En resumen, el tratamiento de 1-MCP durante 20 h fue capaz de frenar algunos procesos típicos de la maduración del fruto (pérdida de dureza y aumento de pérdidas de peso, cambio de coloración en la epidermis) pero no influyó en otros (firmeza, acidez, pH o sólidos solubles totales del zumo, o atributos sensoriales). En general en 'Búlida' sólo se obtienen resultados comercialmente aplicables (mejoras sensoriales por ejemplo) cuando se somete a refrigeración prolongada (Egea et al., 2006), aunque estos autores nunca especificaron si la temperatura de tratamiento del 1-MCP fue 0 o 20°C. En otras variedades también se han descrito aplicaciones comerciales utilizando también refrigeración (Fan et al., 2000), aunque con variedades más tardías en el mercado español esta estrategia no tiene demasiado interés comercial. Además, desde el punto de vista práctico, estas conservaciones prolongadas de frutos, recolectados además en estado preclimático (Egea et al., 2006), no son las mejores estrategias postcosecha para ofertar un producto de calidad al mercado. Una prolongación excesiva de la conservación del albaricoque 'Búlida' no es una estrategia aconsejable en la postcosecha por la pérdida de aroma, a lo que puede contribuir el 1-MCP (Botondi et al., 2003). Además la fruta de hueso es sensible al pardeamiento interno (Crisosto et al., 2000), como también lo es la variedad Búlida.

CONCLUSIONES

Las mayores diferencias de calidad se debieron al estado de madurez del fruto en la recolección.

El efecto del 1-MCP fue pequeño con relación al anterior y disminuyó o desapareció tras 3-5 d a 20°C según estado de madurez. La aplicación de 1-MCP no tuvo efecto en los atributos sensoriales o las pérdidas evaluadas, y retrasó ligeramente la coloración de epidermis a tiempos corto de conservación.

Para retrasar la maduración, a aplicación de 1-MCP durante 20 h dio mejor resultado que sólo 12 h, ya que en frutos inmaduros redujo el ablandamiento; en frutos maduros y pintones redujo las pérdidas de peso.

Como recomendación comercial, es preciso una adecuada selección del grado de madurez al inicio del tratamiento con 1-MCP para conseguir retrasar de forma eficaz la maduración.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo constituyó parte del proyecto fin de carrera del Ing. Técnico Agrícola J. Olmo. Agradecemos a la Fundación Séneca parte del soporte financiero (PB/22/FS/02), a la Cooperativa AGRA (Calasparra, Murcia) el suministro de frutos y a J. Sandoval su transporte; a Plásticos del Segura SL las bolsas macroperforadas, a Agrofresh Inc. el suministro de 1-MCP, y a C. Miranda la asistencia técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- Amorós, A.; Serrano, M.; Riquelme, F.; Romojaro, F. 1989. Importancia del etileno en el desarrollo y maduración del albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv Búlida). *Fruits*, 44: 171-175.
- Blankenship, S.M.; Dole, J.M. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 1-25.
- Botondi, R.; DeSantis, D.; Bellincontro, A.; Vizovitis, K.; Mencarelli, F. 2003. Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and glycosidase activity of low- and high-aroma varieties of apricots. *J. Agric. Food Chem.* 51: 1189-1200.
- Chahine, H.; Gouble, B.; Audergon, J.M.; Souty, M.; Albagnac, G.; Jacquemin, G.; Reich, M.; Hugues, M. 1999. Effect of ethylene on certain quality parameters of apricot fruit (*Prunus armeniaca* L.) during maturation and postharvest evolution. *Acta Hort.* (ISHS) 488: 577-584.
- Crisosto, C.H.; Mitcham, E.J.; Kader, A.A. 2000. Indicadores básicos del manejo postcosecha del damasco (albaricoque, chabacano).
<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Damasco.shtml>
- De Martino, G.; Vizovitis, K.; Botondi, R.; Bellincontro, A.; Mencarelli, F. 2006. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. *Postharvest Biol. Technol.* 39: 38-47.
- Egea, M.I.; Martínez-Madrid, M.C.; Valdenegro-Espinoza, M.; González, M.R.; Murcia, M.A.; Romojaro, F. 2006. Influencia del tratamiento con 1-MCP en la calidad sensorial y las propiedades antioxidantes en la variedad 'Búlida' durante su conservación a 2°C. p. 251-254. En: Valero, D. & Serrano, M. (eds.). *Innovaciones*

- fisiológicas y tecnológicas de la maduración y post-recolección de frutas y hortalizas. Ed. Limencop, Elche.
- Fan, X.; Argenta, L.; Mattheis, J.P. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 135-142.
- Fernández-Trujillo, J.P.; Sánchez, C. 2002. Conservación de albaricoque Búlida tratado con 1-metilciclopropeno. p. 505-510. En: López, A., Esnoz, A., Artés, F. (eds.). *Avances en Técnicas y Ciencias del Frío-1*. Ed. SECYTEF, Cartagena.
- Fernández-Trujillo, J.P.; Sánchez, C. 2003. Postharvest quality of fruit from a long life cultivar of tomato treated with 1-methylcyclopropene. *Acta Hort.* (ISHS) 628: 234-238.
- Jiang, Y.; Joyce, D.; Terry, L.A. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biol. Technol.* 23: 227-232.
- Marty, I.; Bureau, S.; Sarkissian, G.; Gouble, B.; Audergon, J. M.; Albagnac, G. 2005. Ethylene regulation of carotenoid accumulation and carotenogenic gene expression in colour-contrasted apricot varieties (*Prunus armeniaca*). *J. Exp. Bot.* 56: 1877-1886.
- Mencarelli, F., Bellincontro, A., Botondi, R., Valentini, M., Sequi, P., DiNatale, C., Basile, B., Romano, R. 2006. Factors affecting the apricot Quality for the consumer with special attention to the use of 1-MCP and of NDT for detection of bruising. *Acta Hort.* (ISHS) 717: 315-320.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Adv.* 24: 389-409.

TABLAS Y FIGURAS

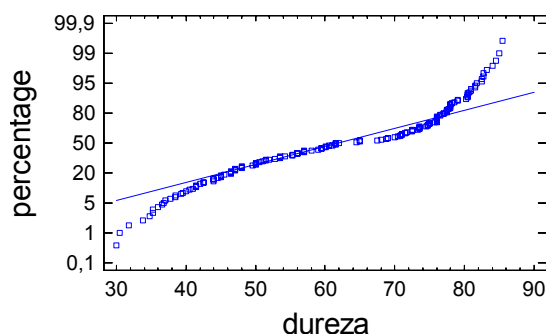


Figura 1. Diagrama probabilística normal de datos de dureza del fruto de albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv. Búlida) recolectado en tres estados de madurez, tratado con 1-MCP durante 0, 12 ó 20 h a 20°C, envasados en polipropileno macroperforado, y almacenados hasta 8 días a 20°C.

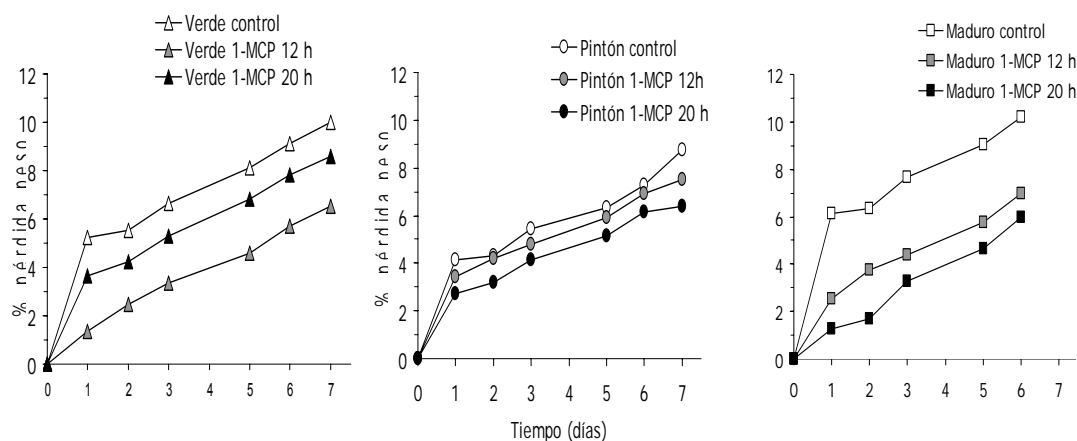


Figura 2. Pérdida de peso de albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv. Búlida) recolectado en tres estados de madurez, tratado con 1-MCP durante 0, 12 ó 20 h a 18.6C, envasados en polipropileno macroperforado, y almacenados hasta 8 días a 20°C.

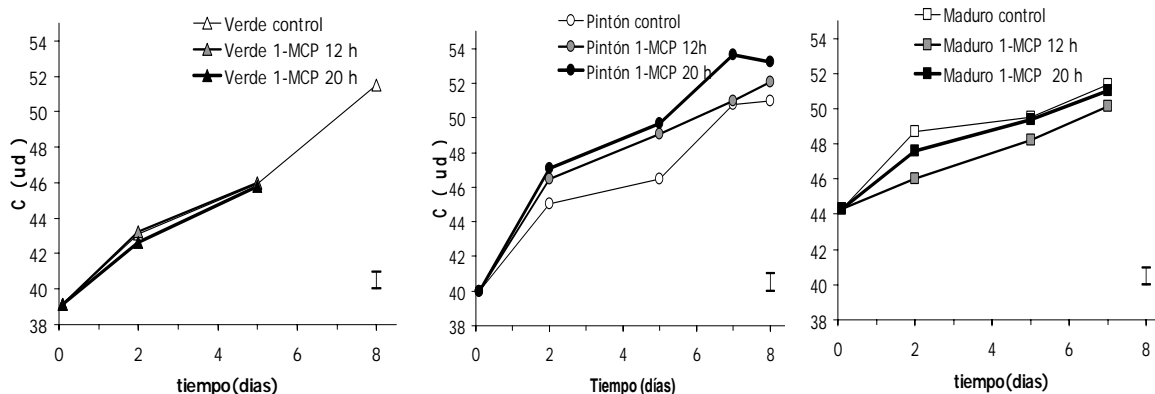


Figura 3. Variación del color de la epidermis (croma) en la zona de la sutura de frutos de albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv. Búlida) recolectado en tres estados de madurez, tratado con 1-MCP durante 0, 12 ó 20 h a 20°C, envasados en polipropileno macroperforado, y

almacenados hasta 8 días a 20°C. La barra es el LSD a P=0.05 para la interacción 1-MCP x estado de madurez.

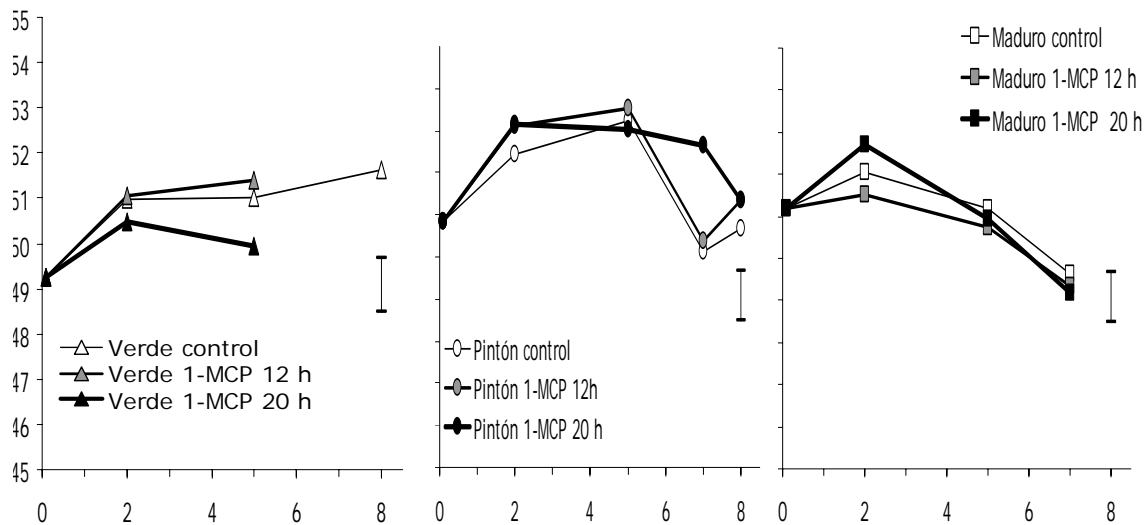


Figura 4. Variación del color de la epidermis (unidades de cromina o C^*) en la zona opuesta a la sutura de frutos de albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv. 'Búlida') recolectado en tres estados de madurez, tratado con 1-MCP durante 0, 12 ó 20 h a 20°C, envasados en polipropileno macroperforado, y almacenados hasta 8 días a 20°C. La barra es el LSD a P=0.05 para la interacción 1-MCP x estado de madurez.

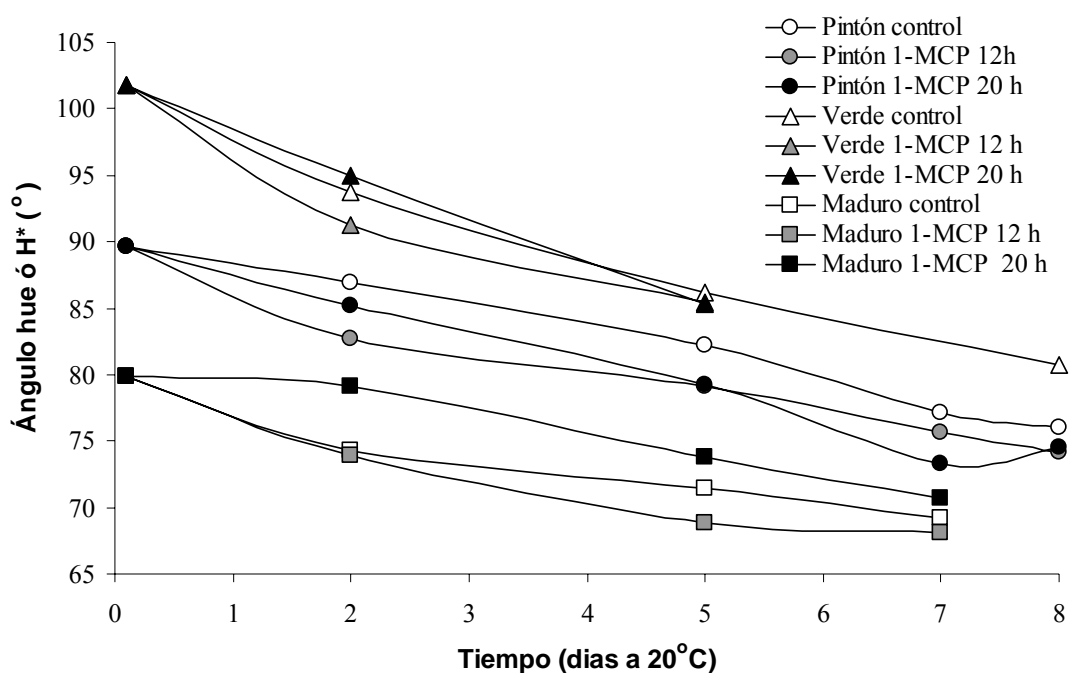


Figura 5. Color de la epidermis (tono) en la zona de la sutura de frutos de albaricoque (*Prunus armeniaca* L. cv. 'Búlida') recolectado en tres estados de madurez, tratado con 1-MCP durante 0, 12 ó 20 h a 18.6°C, envasados en polipropileno macroperforado, y almacenados hasta 8 días a 20°C.

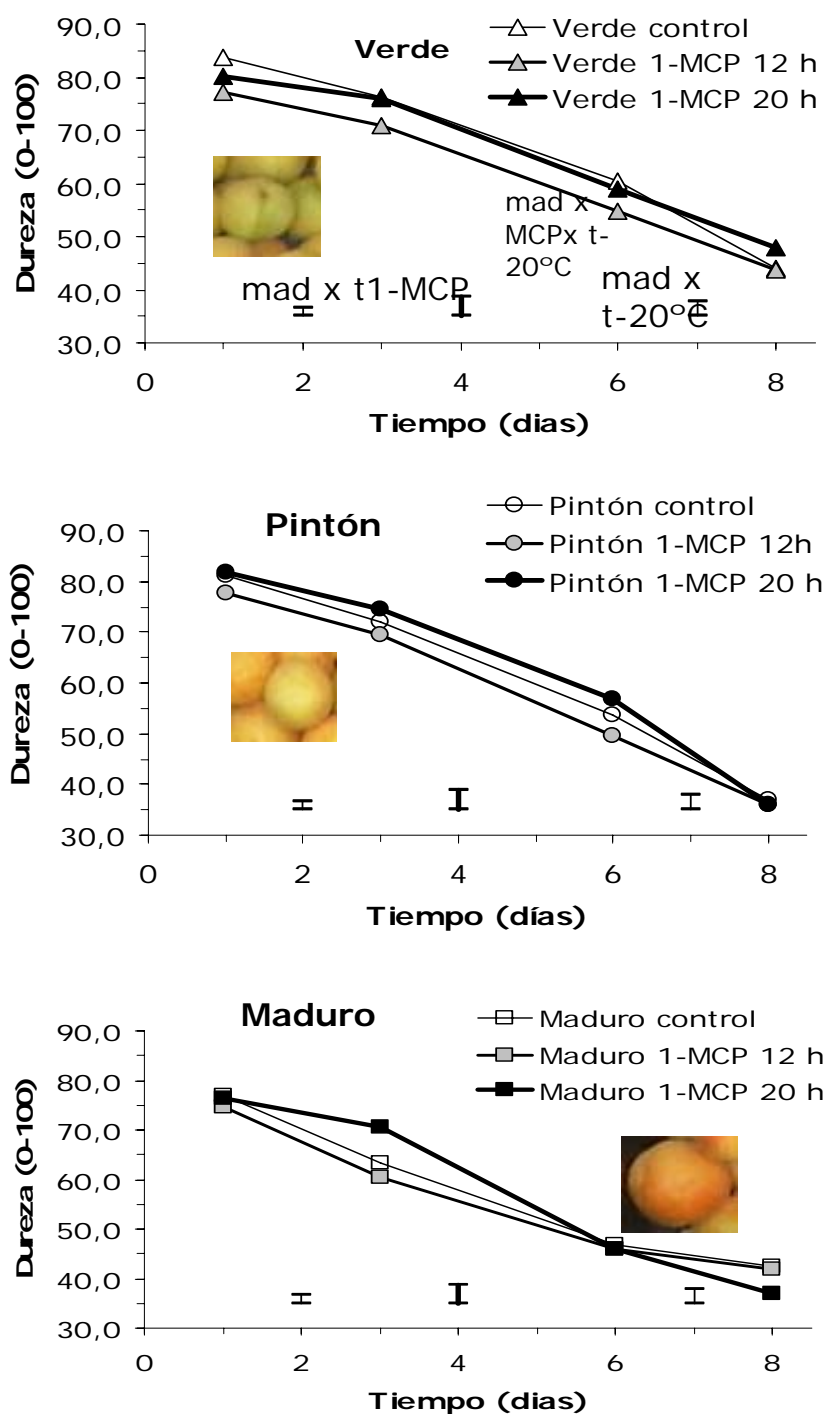


Figura 6. Variación de dureza en tres estados de madurez, dos tiempos de aplicación de 1-MCP a 20°C durante una semana de almacenamiento de albaricoque var. 'Búlida'. La barra sobre tiempo 4 días es el LSD ($P=0.05$) para el efecto de la interacción estado de madurez x 1-MCP x tiempo de conservación a 20°C del fruto a los 1, 3, 6 y 8 días a 20°C. La barra sobre tiempo 7 días es el LSD ($P=0.05$) para el efecto de la interacción estado de madurez x tiempo de conservación a 20°C del fruto comparando a los 6 y 8 días a 20°C. La barra sobre tiempo 2 días es el LSD ($P=0.05$) para el efecto de la interacción estado de madurez x tiempo de conservación a 20°C del fruto comparando 1 y 3 días a 20°C.