

(S3-O12)

EFFECTS OF A PRETREATMENT WITH NITRIC OXIDE (NO) FREE RADICAL ON THE CONSERVATION OF PEACH AT ROOM TEMPERATURE

FRANCISCO B. FLORES, ISABEL EGEA, MONIKA VALDENEGRO y FELIX ROMOJARO

CEBAS-CSIC

Apartado de Correos 164

30100 Espinardo, Murcia, España

Tlf. 968396235 Fax. 968396213

borja71@yahoo.com

Palabras clave: *Prunus persica* – senescencia – etileno – poscosecha – calidad – maduración

RESUMEN

El melocotón (*Prunus persica* L.) es un fruto de gran importancia económica en la agricultura del Levante español, pero su reducido periodo de vida poscosecha constituye una seria limitación para su comercialización. Este problema se debe a su rápida senescencia causada por una elevada producción etileno autocatalítico al iniciarse su maduración, rasgo propio de los frutos climatéricos como los de esta especie. Se ha tratado de superar este problema mediante la aplicación de compuestos antagonistas de la acción de esta hormona a los frutos inmediatamente tras su recolección. Uno de los compuestos más novedosos y prometedores de este tipo es el radical libre del oxido nítrico (NO). Se ha realizado un tratamiento de melocotón var. 'Rojo Rito' con 5 ppm de NO en una atmósfera anaeróbica confinada durante 4 horas a 20°C. Posteriormente los frutos se almacenaron en una cámara a 20°C tomándose muestras a los 3, 6, 10 y 14 días para su análisis. Frutos no tratados y almacenados en idénticas condiciones fueron utilizados como control de la experiencia. Mediante este tratamiento previo se ha podido observar una mejora manifiesta en la conservación de los frutos a temperatura ambiente. La producción de etileno y la tasa respiratoria de los frutos tratados con NO era menor que la de los controles, al igual que el porcentaje de salida de electrolitos, parámetro utilizado para estimar la pérdida de semipermeabilidad de las membranas celulares y por tanto su grado de desintegración, que es un claro síntoma de senescencia. Los frutos tratados también mantenían una firmeza significativamente superior a lo largo de la conservación. Con respecto a otros parámetros de calidad como el parámetro de color 'H', la acidez valorable y el contenido en sólidos solubles no presentaron diferencias significativas entre frutos tratados y no tratados.

EFFECTS OF A PRETREATMENT WITH NITRIC OXIDE (NO) FREE RADICAL ON THE CONSERVATION OF PEACH AT ROOM TEMPERATURE

FRANCISCO B. FLORES, ISABEL EGEA, MONIKA VALDENEGRO and FELIX ROMOJARO

Keywords: *Prunus persica* – senescence – ethylene – postharvest – quality – ripening

ABSTRACT

Peach (*Prunus persica* L.) is a fruit of great economical importance in the agricultural sector of South and East areas of Spain. One of the most serious limitations for the commercial potential of this produce is its reduced period of postharvest shelf life. This is due to the rapid onset of senescence, caused by the autocatalytic ethylene production occurring during ripening, a typical characteristic of climacteric fruits such as it is this species. One strategy used to try to overcome this drawback is the application of antagonistic compounds of ethylene action on harvested fruits. One of the most novel and promising compounds of this type is the nitric oxide (NO) free radical. A treatment of 5 ppm NO during 4 hours at 20°C in a confined anaerobic atmosphere on peach fruit cv. 'Rojo Rito' has been carried out. The treated fruits were stored at 20°C during 3, 6, 10 and 14 days. Non-treated fruits stored in identical conditions were used as controls of the assay. An apparent improvement on the quality and physiology of conservation at room temperature of the NO-treated fruit was observed. Ethylene production and respiratory rate of fruits treated with NO were lower than controls, as well as percentage of ion leakage, a parameter used to estimate cell membrane semipermeability loss and therefore disruption of membrane integrity, which is a typical symptom of senescence. Also treated fruits have got significant higher pulp firmness values along the conservation period. With regard to other quality parameters such as 'H' colour parameter, titrable acidity and soluble solids content, they do not show significant differences between both types of samples, NO-treated fruits and untreated ones.

INTRODUCCION

El melocotón es un fruto climatérico cuya maduración está asociada a la producción autocatalítica de etileno (Amoros et al., 1989; Tonutti et al., 1991). Tiene un periodo de vida poscosecha limitado ya que una vez que se ha activado su maduración entra rápidamente en senescencia, sobre todo si se mantiene a temperatura ambiente una vez recolectado, y ello constituye un grave problema a la hora de su comercialización (Anderson y Penney, 1975; Lill et al., 1989).

Uno de los primeros y principales síntomas de la senescencia lo constituyen las alteraciones en la integridad de las membranas celulares que conllevan una pérdida de su semipermeabilidad (Paliyath y Droillard, 1992). Hoy en día el papel del etileno como inductor de la pérdida de la integridad de las membranas celulares y por tanto de la senescencia está bien establecido (Paliyath y Droillard, 1992; Marangoni et al., 1996).

Dadas estas premisas, una estrategia para intentar retardar la senescencia de los frutos tras su recolección con el fin de alargar su vida poscosecha consiste en almacenarlos en ausencia de etileno, y en el caso de los frutos climatéricos como el melocotón prever un tratamiento con algún antagonista de su biosíntesis o acción, y que por tanto haga las veces de agente antisenescente (Saltveit, 1999). Se han ensayado tratamientos en frutos y hortalizas con diferentes compuestos con dichas propiedades, y uno de los más recientemente ensayados y con resultados más prometedores en diversos productos hortofrutícolas es el radical libre del óxido nítrico (NO) (Leshem y Wills, 1998). Se ha observado que el tratamiento con NO de frutos climatéricos tales como el kiwi, y no climatéricos pero sensibles a la acción del etileno como la fresa, prolonga de manera manifiesta la vida poscosecha de estos frutos, retrasando de forma notable su senescencia (Leshem et al., 1998; Wills et al., 2000). También en otros órganos vegetales que sufren una producción autocatalítica de etileno tal como la flor del clavel se ha observado que tratamientos con esta sustancia, bien sea en forma gaseosa o mediante un compuesto en solución que libere el agente activo, produce una marcada extensión del periodo de vida poscosecha de la flor cortada (Bowyer et al., 2003). No tenemos noticias de que hasta la fecha se haya ensayado este agente antisenescente en melocotón.

Teniendo en cuenta estos precedentes, se ha diseñado y realizado una experiencia de tratamiento de melocotón con NO inmediatamente tras su recolección con el fin de evaluar si este compuesto induce en esta especie un retraso en la senescencia consiguiendo de esta forma prolongar la vida poscosecha de los frutos durante su almacenamiento a temperatura ambiente (20°C) sin afectar negativamente a su calidad final.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Vegetal y Diseño Experimental

Se recolectaron y transportaron al laboratorio melocotones (*Prunus persica* L.) de la variedad 'Rojo Rito' en el estado de maduración comercial, procedentes de una finca en Cieza (Murcia). Los melocotones se dividieron en dos lotes de 96 frutos (aprox. 15 Kg) cada uno, y aparte se separó una muestra de 24 frutos para considerar el día 0 de la experiencia de conservación, que se analizó y se procesó inmediatamente.

Uno de los lotes se almacenó en una cámara termostaticada a 20°C, mientras que el otro lote se introdujo en un compartimento estanco de 32 L, que disponía de conductos de entrada y salida de gas, donde se llevó a cabo el tratamiento con NO, también a 20°C, de la siguiente manera. El recipiente con los frutos se selló y se hizo un barrido con N₂ durante 10 min para desplazar todo el aire del interior. Este paso se realizó debido a que en aire el NO se oxida rápidamente a NO₂ (Leshem y Wills, 1998). Posteriormente se cerró el conducto de

salida de gas y se rellenó el compartimento con 5 ppm de NO. La dosificación se realizó introduciendo el NO procedente de una botella de gas NO/N₂ comprimido de 5 ppm de NO, provista de un manómetro y un caudalímetro. Para asegurarnos de llenar todo el volumen del recipiente de NO se inyectó gas de la botella durante 7 min a un caudal de 5 L/min. Los frutos se mantuvieron en el recipiente estanco con el NO durante 4 horas y después se transfirieron a la cámara a 20°C para su conservación. Al finalizar el tratamiento y antes de abrir el recipiente para tomar los frutos se abrió el conducto de salida del gas y se hizo otro barrido con N₂ durante 10 min para eliminar todo el NO presente.

El ensayo de conservación se llevó a cabo durante 14 días a 20°C, tomando muestras a los 3, 6, 10 y 14 días, además de la muestra del día 0. Una muestra, tanto de los frutos control no tratados como los tratados con NO como del día 0, estaba constituida a su vez por tres submuestras o replicados de 8 frutos cada una, sumando un total de 24 frutos. Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo con las submuestras mencionadas, y en el caso de algunas determinaciones como son producción de C₂H₄, tasa respiratoria y salida de electrolitos se realizaron por duplicado con cada submuestra.

Determinaciones analíticas

Se llevaron a cabo determinaciones analíticas de fisiología y de calidad en la conservación, tanto en los frutos control como tratados con NO. Las determinaciones fisiológicas que se llevaron a cabo fueron producción de etileno mediante GC-FID de acuerdo con Martínez-Madrid et al. (1996); tasa respiratoria medida como producción de CO₂ mediante GC-TCD según Serrano et al. (1997); evaluación del estado de integridad de las membranas celulares de la pulpa estimando la pérdida de su semipermeabilidad mediante la salida de electrolitos según Ben-Amor et al. (1999).

Se determinaron asimismo los siguientes parámetros de calidad: determinación del color por colorimetría y de la firmeza de la pulpa por penetrometría, según los métodos descritos por Flores et al. (2001), expresando los resultados como H (ángulo de Hue) y en Newtons (N) respectivamente; contenido en sólidos solubles totales (SST) y acidez valorable según los métodos descritos por Martínez-Madrid et al. (2002). Todas las determinaciones se realizaron con material fresco el día de cada muestreo.

Los resultados experimentales se expresan como media \pm error estándar (ES) de las determinaciones realizadas por duplicado en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra. Se ha llevado a cabo un análisis de la varianza usando la prueba *t* de Student para determinar si las diferencias entre las medias de los dos tipos de muestra, melocotones control y tratados con NO, eran significantes a $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

Producción de etileno y respiración

Tanto en la producción de etileno como en la tasa respiratoria los frutos tratados con NO mostraron unos niveles significativamente inferiores ($P \leq 0,05$) a los controles no tratados, aunque la evolución de ambos parámetros, hasta los 10 días en el caso del etileno y 14 en la respiración, fue similar en ambos casos (Figs. 1 y 2). La producción de etileno aumentó hasta alcanzar un máximo a los 10 días a 20°C (de 12,19 nl/g h a los 0 días hasta los 78,48 y 67,38 nl/g h a los 10 días para los frutos control y tratados respectivamente), para mantenerse en ese nivel en los controles pero descender de forma acentuada en los tratados (72,42 y 35,57 nl/g h a los 14 días para los frutos control y tratados respectivamente) (Fig. 1).

La respiración disminuye entre los 0 y 3 días de poscosecha (de 96,76 mg CO₂ /Kg h el día 0 a 86,72 y 80,72 mg CO₂ /Kg h a los 3 días para los frutos control y tratados respectivamente) para luego aumentar al final del ensayo de conservación hasta superar el

valor del día 0 (107,04 y 105,42 mg CO₂ /Kg h a los 14 días para los frutos control y tratados respectivamente). En los días intermedios del ensayo de conservación se aprecia una menor tasa respiratoria de los frutos tratados con NO, y son a los 3 y 6 días de ésta cuando las diferencias entre ambos tipos de fruto son significativas ($P \leq 0,05$) (Fig. 2).

Pérdida de firmeza

La pérdida de firmeza de los frutos es significativamente superior ($P \leq 0,05$) a partir de los seis días a 20°C en los frutos control aunque la evolución es similar en ambos tipos de muestras, melocotones tratados y no tratados con NO, determinándose un descenso de este parámetro hasta el final de la conservación (Fig. 3).

Salida de electrolitos

El porcentaje de salida de electrolitos, y por tanto la pérdida de semipermeabilidad de las membranas celulares, aumenta a lo largo de la vida poscosecha de los frutos (de 63,8% el día 0 hasta un 87,97% y un 84,71% a los 14 días para los frutos control y tratados respectivamente), pero es manifiestamente superior en los frutos no tratados hasta el final de la experiencia donde se aproximan en ambos tipos de muestras y dejan de ser significativas las diferencias ($P \leq 0,05$) (Fig. 4). La mayor diferencia en cuanto a porcentaje de salida de electrolitos entre ambos tipos se encontró a los 3 días a 20°C, siendo ésta de un 17%.

Color, contenido en SST y acidez valorable

No se han encontrado diferencias significativas en cuanto al color entre ambos tipos de muestra, frutos control y frutos tratados con NO, ni cambios manifiestos en los parámetros de color a lo largo de toda la conservación a 20°C, salvo en el caso del parámetro de color H que experimenta una disminución gradual al final de la experiencia (Tabla 1).

El tratamiento con NO tampoco parece haber afectado al contenido en SST y la acidez valorable, pues no se observaron diferencias significativas entre los frutos controles y tratados (Tabla 1). El contenido en SST aumentó a partir de los 6 días de conservación aunque de manera muy gradual, mientras la acidez valorable va disminuyendo también de forma paulatina desde el inicio de la experiencia, siendo este descenso más pronunciado al final de la conservación, entre los 10 y 14 días a 20°C (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Una estrategia clásica para intentar prolongar la vida poscosecha del fruto es la conservación refrigerada, pero la aplicación de las bajas temperaturas en el melocotón se enfrenta con el grave problema de que éste es un fruto sensible a los daños por frío (Lurie y Crisosto, 2005).

Una posible alternativa para tratar de alargar la duración de la vida poscosecha de los frutos, al menos por un periodo limitado, evitando su almacenamiento a bajas temperaturas es la aplicación de compuestos antagonistas de la biosíntesis y/o acción del etileno, pues está aceptado el hecho de que esta hormona vegetal participa activamente en el desencadenamiento y progreso de la maduración y la senescencia en frutos climatéricos (Lelievre et al., 1997; Alexander y Grierson, 2002). Como ya se ha mencionado en la introducción, la pérdida de la integridad de las membranas celulares constituye uno de los primeros y principales manifestaciones fisiológicas de la senescencia vegetal, y en este proceso el etileno participa como inductor (Paliyath y Droillard, 1992; Marangoni et al., 1996).

En el caso concreto del melocotón se han realizado ensayos de conservación con aplicaciones previas de compuestos antagonistas del etileno con interés y posibilidades de ser

introducidos en el circuito de manipulado comercial de productos hortofrutícolas, como el 1-metilciclopropeno (1-MCP) y el acetaldehído (AA), que poseen dichas propiedades antisenescentes (para una revisión ver Watkins, 2006; Pesis, 2005). Desde el punto de vista comercial la aplicación de estos compuestos a la industria agroalimentaria tiene una serie de ventajas comparado con otros análogos como son la ausencia de toxicidad, su elevada eficacia y su gran estabilidad, al contrario de lo que ocurre por ejemplo con el dióxido de carbono, el tiosulfato de plata o el norbonadieno en alguna o en varias de estas facetas.

Parecidas propiedades antisenescentes al 1-MCP y el AA posee el radical libre del óxido nítrico NO, tal como se ha observado en ensayos con diversas frutas, hortalizas y flores (Leshem et al., 1998). El tratamiento de los melocotones con 5 ppm de NO durante 4 horas a 20°C inmediatamente después de su recolección conllevó una serie de cambios notables y significativos en determinados parámetros característicos de su maduración y senescencia. Así se observó que disminuía la tasa de respiración y la producción de etileno (Figs. 1 y 2), al igual que la pérdida de firmeza (Fig. 3), mientras que el incremento de la salida de electrolitos era sensiblemente menor (Fig. 4) a lo largo de la conservación a 20°C. Estos resultados indican de forma patente que ha tenido lugar un retraso en el inicio de la senescencia de los frutos tratados con NO con respecto a los controles no tratados. Por otro lado, otros parámetros de calidad tales como el color, la acidez valorable y el contenido en sólidos solubles totales no se ven afectados (Tabla 1).

La ventaja del empleo del NO sobre los restantes agentes antagonistas del etileno anteriormente mencionados, 1-MCP y AA, es el periodo de tratamiento necesario para observar efectos significativos, que es mucho más reducido para el primero. Así en el caso del melocotón tratado con 1-MCP, 5 ppm y 20 horas parecen ser la concentración y el periodo de tratamiento óptimos para inhibir el ablandamiento de los frutos, principal parámetro de calidad en éstos (Liguori et al., 2004). Los efectos inhibitorios del AA sobre el ablandamiento del melocotón se han detectado cuando el tratamiento de los frutos (con 2000 o 3000 ppm de AA) se realizó durante 24 h (Lurie y Pesis, 1992). En nuestro caso hemos observado una inhibición significativa de la pérdida de firmeza de los frutos a partir de los 6 días de conservación con una concentración de 5 ppm NO aplicado tan sólo durante 4 horas (Fig. 3).

Aparte de pretratamientos con vapores de AA, Lurie y Pesis (1992) han realizado pretratamientos con atmósferas con un 86% de CO₂ o 97% de N₂ durante 24 h en todos los casos, con el fin de analizar los efectos en el ablandamiento del fruto. La anaerobiosis conseguida por la atmósfera de N₂ tiene dos fines, uno es la estimulación de la ruta fermentativa con producción de AA endógeno que es el que ejerce el efecto antisenescente, y otro es que la anoxia producida inhibe la biosíntesis de etileno, efecto en el que también participa AA (Burdon et al., 1996; Lurie y Pesis, 1992). Los anteriores autores observaron que dichos pretratamiento de 24 horas en frutos que se mantenían después a 20°C o bien se ha almacenaban a 2°C con posterior reacondicionamiento a 20°C, inducían una disminución de la pérdida de firmeza, que se correlacionaba con un mayor contenido en pectina soluble y un menor incremento de la actividad poligalacturonasa. También detectaron en el tratamiento con la atmósfera rica en CO₂ una disminución significativa de la producción de etileno de los melocotones, de forma análoga a lo que nosotros hemos observado en el tratamiento con NO de estos frutos (Fig. 1), pero en ambos casos no se llega a conseguir un bloqueo total de esta producción como ocurre con la atmósfera con N₂ (Lurie y Pesis, 1992).

Liguori et al. (2004) observaron efectos distintos del 1-MCP en el melocotón, según fueran las temperaturas de tratamiento o de conservación posterior de los frutos. Así si el tratamiento y la conservación se llevaban a cabo a 20°C la inhibición del ablandamiento de los frutos era mayor que si la temperatura era de 2°C, pero por el contrario la producción de etileno no se veía afectada negativamente, salvo si la conservación tenía lugar a 2°C. Este

resultado es sorprendente teniendo en cuenta que en melocotón la pérdida de firmeza parece estar estrechamente relacionada con la producción de etileno (Tonutti et al., 1996). En este trabajo sí se ha observado una correlación entre la producción de etileno y la pérdida de firmeza ($R^2 > 0,95$). También al contrario que en melocotón tratado con 1-MCP (Liguori et al., 2004), la respiración disminuye de forma significativa en los primeros 3 y 6 días de conservación con el tratamiento con NO (Fig. 2).

En cambio, en todos los casos, tratamientos con AA, con atmósferas con CO₂ y N₂ (Lurie y Pesis, 1992), con 1-MCP (Liguori et al. 2004) y con NO (Tabla 1) no se han apreciado diferencias significativas y que sean consistentes en lo que respecta a la evolución del contenido en SST y de la acidez valorable entre frutos tratados y no tratados.

El tratamiento con NO influye positivamente en el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares que se pone de manifiesto por una menor pérdida de su semipermeabilidad, ya que el porcentaje de salida de electrolitos es significativamente inferior en el caso de los frutos tratados con NO (Fig. 4). La pérdida de esta integridad es una de las manifestaciones más importantes de la senescencia (Paliyath y Droillard, 1992; Marangoni, 1996), y por lo tanto se puede inferir que el NO parece actuar como un agente antisenescente, tal y como defienden Leshem y Wills (1998). No hemos dado con publicaciones en que se estudie la influencia del 1-MCP, CO₂ o AA en el mantenimiento o no de la integridad de las membranas celulares en melocotón o en algún otro fruto del género *Prunus* durante su vida poscosecha a temperatura ambiente, pero en sandía se ha observado que el tratamiento con 5 ppm de 1-MCP a 20°C inhibe el aumento del porcentaje de salida de electrolitos que tiene lugar en este fruto en presencia de etileno durante su conservación a 20°C posterior (Mao et al., 2004).

CONCLUSIONES

El tratamiento con NO conlleva un retardo de la senescencia del melocotón, que se pone de manifiesto por una menor producción de etileno, una menor tasa respiratoria y finalmente un superior mantenimiento de la integridad de las membranas celulares reflejado en una menor pérdida de su semipermeabilidad. Además el NO afecta positivamente a un parámetro de calidad esencial en este fruto como es la pérdida de firmeza, que es significativamente inferior en los frutos tratados. Estos resultados permiten concluir que el tratamiento con este agente antisenescente es posible lograr una prolongación de la vida poscosecha del melocotón a temperatura ambiente sin merma en su calidad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la cooperativa agrícola “Finca La Caprichosa” sita en Cieza (Murcia), y al Sr. J. Molina por la provisión de frutos para la realización de esta experiencia. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CICYT (Ref. AGL2003-01457).

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, L.; Grierson, D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric ripening. *Journal of Experimental Botany* 53(377): 2039-2055.
- Amoros, A.; Serrano, M.; Riquelme, F.; Romojaro, F. 1989. Levels of ACC and physical and chemical parameters in peach development. *Journal of Horticultural Science* 64(6): 673-677.

- Anderson, R.E.; Penney, R.W. 1975. Intermittent warming of peaches and nectarines stored in a controlled atmosphere or air. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100(2): 151-153.
- Ben-Amor, M.; Flores, F.; Latché, A.; Bouzayen, M.; Pech, J.C.; Romojaro, F. 1999. Inhibition of ethylene biosynthesis by antisense ACC oxidase RNA prevents chilling injury in Charentais cantaloupe melons. *Plant, Cell and Environment* 22: 1579-1586.
- Bowyer, M.C.; Wills, R.B.H.; Badiyan, D.; Ku, V.V.V. 2003. Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide – comparison of fumigation and in vivo delivery. *Postharvest Biology and Technology* 30: 281-286.
- Burdon, J.N.; Dori, S.; Marinansky, R.; Pesis, E. 1996. Acetaldehyde inhibition of ethylene biosynthesis in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 8: 153-161.
- Flores, F.B.; Ben-Amor, M.; Jones, B.; Pech, J.C.; Bouzayen, M.; Latché, A.; Romojaro, F. 2001. The use of ethylene-suppressed lines to assess differential sensitivity to ethylene of the various ripening pathways in Cantaloupe melons. *Physiology Plantarum* 113: 128-133.
- Lelievre, J.M.; Latché, A.; Jones, B.; Bouzayen, M.; Pech, J.C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 101: 727-739.
- Leshem, Y.Y.; Wills, R.B.H.; Ku, V.V.V. 1998. Evidence for the function of the free radical gas – nitric oxide (NO[•]) – as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(11): 825-833.
- Leshem, Y.Y.; Wills, R.B.H. 1998. Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: a novel approach to postharvest control of fresh horticultural produce. *Biologia Plantarum* 41(1): 1-10.
- Liguori, G.; Weksler, A.; Zutahi, Y.; Lurie, S.; Kosto, I. 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of melting flesh peaches and nectarines. *Postharvest Biology and Technology* 31: 263-268.
- Lill, R.E.; O'Donoghue, E.M.; King, G.A. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. *Horticultural Reviews* 11: 413-452.
- Lurie, S.; Crisosto, C.H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37: 195-208.
- Lurie, S.; Pesis, E. 1992. Effect of acetaldehyde and anaerobiosis as postharvest treatments on the quality of peaches and nectarines. *Postharvest Biology and Technology* 1: 317-326.
- Mao, L.; Karakurt, Y.; Huber, D.J. 2004. Incidence of water-soaking and phospholipid catabolism in ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit: induction by ethylene and prophylactic effects of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 33: 1-9.
- Marangoni, A.G.; Palma, T.; Stanley, D.W. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. *Postharvest Biology and Technology* 7: 193-217.
- Martínez-Madrid, M.C.; Serrano, M.; Riquelme, F.; Romojaro, F. 1996. Polyamines, abscisic acid and ethylene production in tomato fruit. *Phytochemistry* 43:323-326.
- Martínez-Madrid, M.C.; Flores, F.; Romojaro, F. 2002. Behaviour of abscisic acid and polyamines in antisense ACC oxidase melon (*Cucumis melo*) during ripening. *Functional Plant Biology* 29:865-872.
- Miller, A.N.; Krizek, B.A.; Walsh, C.S. 1988. Whole-fruit ethylene evolution and ACC content of peach pericarp and seeds during development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113(1): 119-124.
- Paliyath, G.; Droillard, M.J. 1992. The mechanisms of membrane deterioration and disassembly during senescence. *Plant Physiology and Biochemistry* 30(6): 789-812.

- Pesis, E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology* 37: 1-19.
- Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 279-292.
- Serrano, M.; Martínez-Madrid, M.C.; Pretel, M.T.; Riquelme, F.; Romojaro, F. 1997. Modified atmosphere packaging minimizes increases in putrescine and abscisic acid levels caused by chilling injury in pepper fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45:1668-1672.
- Tonutti P.; Casson, P.; Ramina, A. 1991. Ethylene biosynthesis during peach fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116(2): 274-279.
- Tonutti P.; Bonghi, C.; Ramina, A. 1996. Fruit firmness and ethylene biosynthesis in three cultivars of peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Horticultural Science* 71(1): 141-147.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
- Wills, R.B.H.; Ku, V.V.V.; Leshem Y.Y. 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 18: 75-79.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Acidez valorable, contenido en SST y parametro de color 'H' de las muestras de melocotón tratado con NO y control sin tratar durante su conservación posterior a 20°C. Los resultados se expresan como media \pm ES de las determinaciones realizadas por duplicado en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra.

Días a 20°C	Acidez valorable (% ac málico)		SST (°Brix)		Parámetro color 'H'	
	Control	NO	Control	NO	Control	NO
0	0,552 \pm 0,016		14,8 \pm 0,06		80,06 \pm 2,17	
3	0,514 \pm 0,014	0,518 \pm 0,013	13,61 \pm 0,03	14,11 \pm 0,19	76,84 \pm 1,80	75,79 \pm 1,34
6	0,448 \pm 0,023	0,436 \pm 0,002	13,62 \pm 0,09	13,64 \pm 0,25	76,45 \pm 0,24	75,86 \pm 1,44
10	0,448 \pm 0,015	0,475 \pm 0,014	15,23 \pm 0,13	15,47 \pm 0,28	75,28 \pm 0,61	76,48 \pm 0,79
14	0,354 \pm 0,016	0,394 \pm 0,009	15,59 \pm 0,19	16,31 \pm 0,36	73,03 \pm 1,23	73,55 \pm 1,36

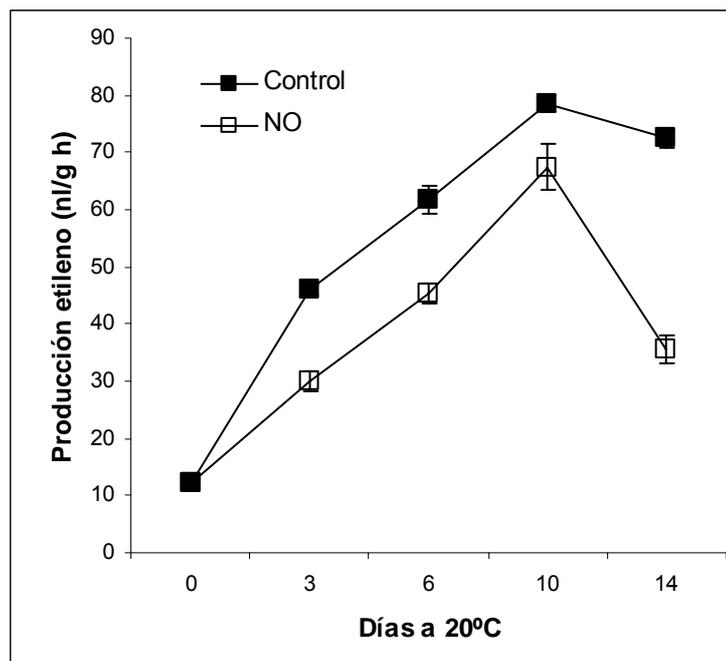


Figura 1. Producción de etileno de muestras de melocotón tratado con NO y control sin tratar a lo largo de su conservación posterior a 20°C. Los datos representados son la media \pm ES de la determinación realizada por duplicado en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra.

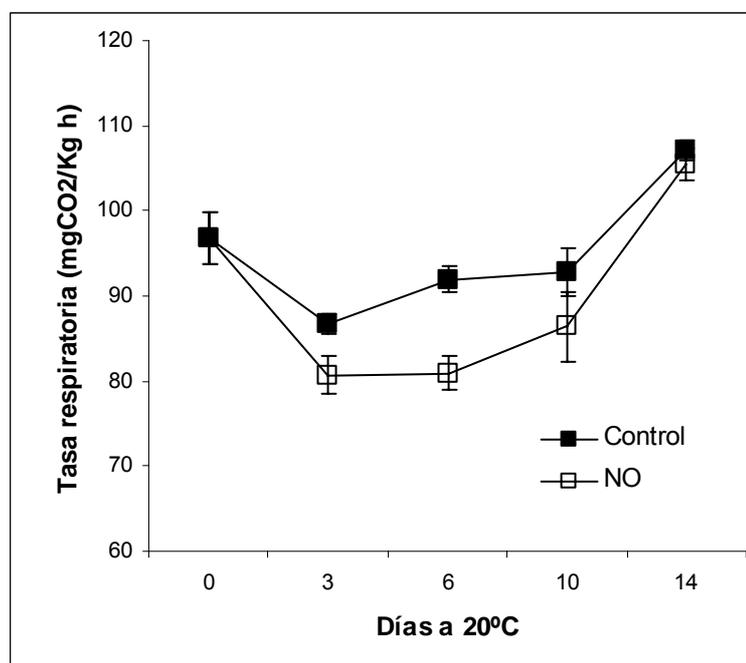


Figura 2. Tasa respiratoria de muestras de melocotón tratado con NO y control sin tratar a lo largo de su conservación posterior a 20°C. Los datos representados son la media \pm ES de la determinación realizada por duplicado en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra.

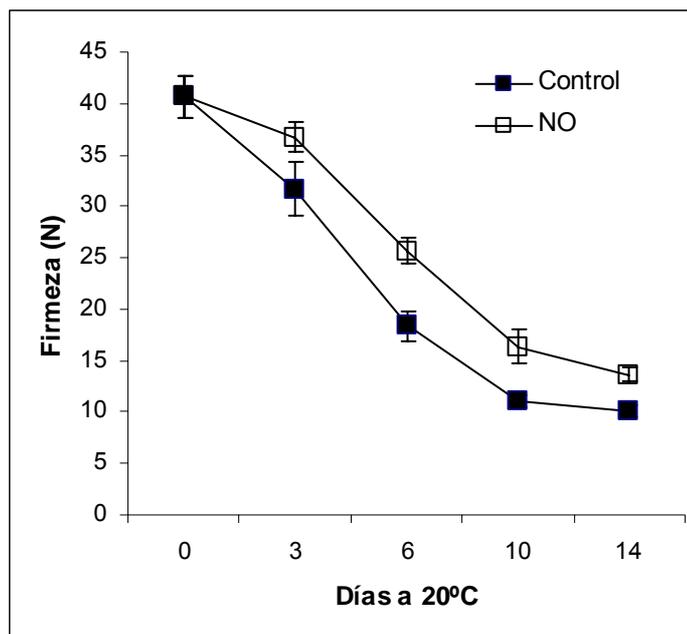


Figura 3. Firmeza de la pulpa de muestras de melocotón tratado con NO y control sin tratar a lo largo de su conservación posterior a 20°C. Los datos representados son la media \pm ES de la determinación realizada en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra.

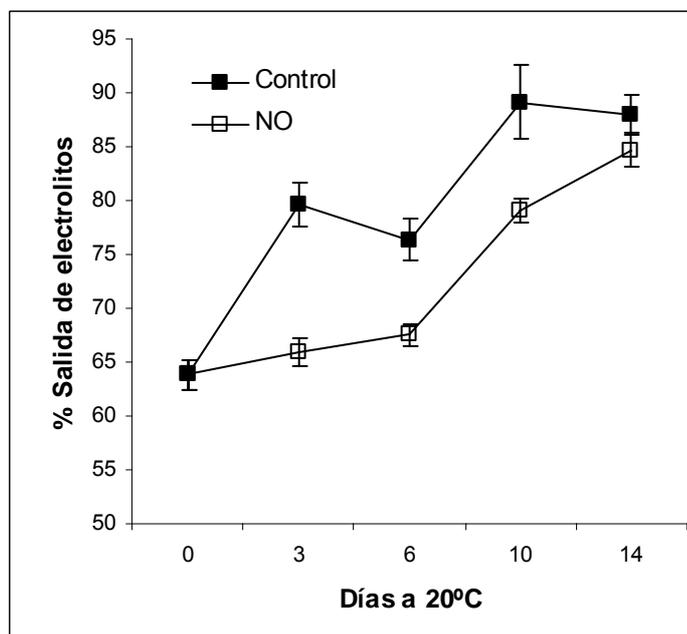


Figura 4. Porcentaje de salida de electrolitos de muestras de melocotón tratado con NO y control sin tratar a lo largo de su conservación posterior a 20°C. Los datos representados son la media \pm ES de la determinación realizada por duplicado en cada una de las tres submuestras en que se dividió la muestra.