

(S9-O154)

MEJORA DEL ACONDICIONAMIENTO DE PERA MEDIANTE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN ULTRAMAR

JESÚS ALONSO⁽¹⁾, ADRIÁN COLODNER⁽²⁾, CLARA E. SOTELO⁽¹⁾, MIGUEL A. MARTÍNEZ⁽¹⁾, SUSANA DI MASI⁽²⁾, GABRIELA CALVO⁽²⁾ y RAFAEL ALIQUÉ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto del Frío (CSIC). C/José Antonio Novais, 28040, Madrid (España), jalonso@if.csic.es, +34915492300, Fax +34915493627

⁽²⁾ EEA Alto Valle (INTA), Ruta Nacional 22, km. 1190, Allen, Provincia de Río Negro (República Argentina), +542941439000, Fax 542941439063

Palabras clave: *Pyrus communis* - Packham's Triumph – maduración – conservación – calidad – volátiles

RESUMEN

En este trabajo analizamos la conveniencia de aplicación de un recubrimiento comestible, previo a la conservación frigorífica a 0°C y envío marítimo, en el acondicionamiento del principal cultivar argentino de pera (*Pyrus communis* L.) cv. Packham's Triumph, para incrementar su vida útil de comercialización en el mercado español. Este recubrimiento mixto, que se comparó con un control sin tratar, está formado por ésteres de glicerol con ácido palmítico y ácido láurico en una matriz de carboximetilcelulosa. Su aplicación a concentraciones de 30g·L⁻¹ disminuyó la producción de etileno durante los procesos de maduración, siendo su eficacia persistente tras cuatro y siete meses de conservación frigorífica, manteniendo bajos y constantes niveles de etileno durante los procesos de maduración a 20°C. También la aplicación del recubrimiento produjo un descenso del 50% de la intensidad respiratoria, manteniendo una tasa constante de aproximadamente 15 mg CO₂·Kg⁻¹·h⁻¹ durante el proceso de maduración.

El tratamiento ralentiza la evolución de los parámetros de calidad, incrementando la vida útil de comercialización de los frutos hasta seis días en condiciones ambientales de 20°C y humedad relativa del 70%. Durante el proceso de maduración, en los frutos control, se produjo un rápido y progresivo amarillamiento de la epidermis y desarrollo de pardeamientos que condicionaron la vida útil de comercialización. En los frutos tratados con el recubrimiento, el cambio de coloración se aminoró, alcanzando un verde-amarillento tras nueve días de maduración. La firmeza de los frutos con recubrimiento permaneció estable durante seis días, manteniendo una firmeza de consumo aceptable el noveno día de maduración, semejante a la alcanzada por los frutos control el tercer día de maduración.

La producción de volátiles totales se incrementó hasta el tercer día de maduración, disminuyendo posteriormente de forma significativa su producción en los frutos tratados con el recubrimiento comestible, debido principalmente al descenso de producción de acetato de hexilo, butanoato de hexilo, 2,4 decadienoato de etilo y 2,4 decadienoato de metilo.

IMPROVEMENT OF THE CONDITIONING OF PEARS BY EDIBLE COATINGS FOR COMMERCIALIZATION IN THE SPANISH MARKETS

Keywords: *Pyrus communis* - Packham's Triumph – ripening – storage – quality- volatiles

ABSTRACT

In this work, we studied the usefulness of the application of an edible coating to improve the conditioning of the main pear cultivar in Argentina (*Pyrus communis* L.) cv. Packham's Triumph, prior to storage at 0 °C and shipment. The aim was to increase the shelf life for their commercialization in the Spanish markets. The coating consisted in glyceride esters with palmitic and lauric acids in a carboxymethylcellulose matrix. Its application at 30g.L⁻¹ decreased the ethylene production during the ripening process as compared to the controls without coating. Its efficacy was persistent after 4 and 7 months of storage, rendering low and constant values of ethylene at 20 °C. The application of the coating caused a 50% decrease in respiratory intensity, with a constant level of ~ 15 mg CO₂ Kg⁻¹h⁻¹ during ripening. The treatment slowed down the evolution of the quality parameters, increasing the shelf life during retail selling up to 6 days, at ambient temperatures of 20 °C and 70% relative humidity. During the ripening process the control fruits without coating, exhibited a fast and progressive yellowing of the epidermis as well as a development of browning which compromised their shelf life. The edible coating-treated fruits displayed a slower change in colour, being green-yellow after 9 days of ripening. The firmness of the fruits with coating remained stable for 6 days and this textural property was into values acceptable for consumption up to the 9th day, whereas these values were reached for the controls, at only 3 days of ripening. The production of total volatiles increased up to the third day of ripening, decreasing significantly thereafter in the edible coating-treated fruits, due mainly to the decrease of the hexyl acetate, hexyl butanoate, methyl and ethyl 2,4 decadienoate.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de peras ha experimentado desde 1990 un formidable incremento, pasando de 9.000.000 tm a 17.000.000 tm en 15 años. España y Argentina ocupan el 4 y 5º puesto de países productores, con producciones de 671.000 y 535.420 tm respectivamente en 2005, tras China, Italia y EEUU (FAOSTAT). La producción argentina de pera está concentrada en un 88% en una unidad productiva compartida por las provincias de Río Negro y Neuquén. Las exportaciones de pera argentina alcanzan el 60% de su producción, siendo los cultivares más demandados William's y Packham's Triumph. La variedad Packham's Triumph representa el 35% de la producción de pera argentina, siendo sus principales mercados de exportación la UE, Brasil y Rusia.

La utilización de recubrimientos comestibles en frutos tiene entre sus objetivos la modificación de la composición gaseosa interna de los frutos, ralentizando del proceso de maduración, reducción de la pérdida de agua por transpiración y mejora del aspecto superficial del producto.

En frutos de pepita, los recubrimientos utilizados están basados principalmente en cera carnauba y goma laca, con la finalidad primordial de incrementar el abrillantado en las manzanas. En peras, el incremento de la concentración de cera carnauba, además de mejorar la apariencia epidérmica, reduce la presión parcial interna de O₂, bloqueando la maduración y reduciendo los desordenes fisiológicos, pudiendo en determinados cultivares desarrollar

sabores extraños asociados a una excesiva modificación de la atmósfera (Amarante y Bank, 2002). La disminución de la respiración y la ralentización de los cambios en color de los frutos parecen estar relacionados con la presión parcial interna de O₂, mientras que el incremento en la concentración de CO₂ parece ser responsable de la retención de la firmeza de los frutos (Amarante et al., 2001).

Desde el año 2001, nuestro grupo participa en el desarrollo de las especificaciones de un recubrimiento mixto, desarrollado por DOMCA S.A., basado en un matriz de carboximetilcelulosa (CMC) y ésteres de glicerol de ácido palmítico y ácido láurico (Alonso y Alique, 2004; Alonso et al., 2004). Los recubrimientos con emulsión que contienen CMC como polímero hidrofílico, han sido eficaces en extender la vida comercial de peras (Alonso et al., 2006), siendo factible su utilización en recubrimientos mixtos con compuestos hidrofóbicos y agentes emulsionantes (Toğrul y Aíslan, 2004). Mientras que los recubrimientos basados en lípidos y resinas confieren hidrofobicidad, reduciendo pérdida de agua, y brillo; los polisacáridos como la CMC presentan permeabilidad selectiva al O₂ y CO₂ dando lugar a una modificación interna de la atmósfera, siendo una pobre barrera frente al agua (Olivas et al., 2003).

El objetivo del presente trabajo ha sido analizar las mejoras que un recubrimiento mixto aplicado tras la recolección de los frutos puede tener en la conservación frigorífica y procesos de maduración de la pera Packham's Triumph destinada a la exportación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña argentina de 2006, dos palots de pera Packham's Triumph fueron recolectados en la chacra La Elvira (Grupo Kepple) en Río Negro. Las peras fueron transportadas a la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA (Argentina). Los palots fueron duchados en drencher durante un minuto con los fungicidas captan e iprodiona a concentraciones de 1,8 y 1 g·L⁻¹ respectivamente. Los frutos fueron seleccionados y traspasados a cajones de campo para la aplicación del tratamiento con el antioxidante etoxiquina y/o el recubrimiento comestible. La mitad de los cajones fueron sometidos a un tratamiento con etoxiquina, en un drencher de 270 L a una concentración de etoxiquina de 1800 mg·L⁻¹. Posteriormente, la mitad de los frutos tratados exclusivamente con los fungicidas y la mitad de los frutos tratados con etoxiquina fueron tratados con el recubrimiento comestible en drencher durante 1 min a una concentración de 30 g·l⁻¹. Tras el secado de los frutos, se confeccionan 15 cajas de mercado por cada tratamiento, con 40 frutos por cada caja dispuestos en 2 bandejas. Los frutos fueron almacenando en cámara frigorífica a 0°C durante medio, cuatro y siete meses. A los cuatro meses, se realiza un envío marítimo a España para su seguimiento en las instalaciones del Instituto del Frío.

Los cambios fisiológicos y de calidad producidos en los frutos durante el proceso de maduración a 20°C fueron analizados por triplicado. La producción de etileno, durante los procesos de maduración, se determinó diariamente utilizando un Microcromatógrafo Varian CromPack CP2003P, expresando sus resultados en µl de etileno·kg⁻¹·h⁻¹. La respiración de los frutos fue analizada diariamente, solamente en aquellos frutos enviados a España, analizando la concentración de CO₂ en la salida de los frascos de respiración. El análisis se realizó mediante un analizador de gases CO₂/O₂ Checkmate (PBI Dansensor). La intensidad respiratoria fue expresada como mg de CO₂·kg⁻¹·h⁻¹.

La evolución de la coloración de la epidermis fue analizada utilizando un Chroma Meter CR-200 (Minolta) con un área de medida de 8 mm de diámetro. Los parámetros CIE: L*, a* y b* fueron determinados en tres réplicas de 10 frutos cada una, por tratamiento y fecha de análisis. Con los parámetros a* y b* fueron calculados los parámetros saturación ((a² + b²)^{1/2}) y tono (a + b). Posteriormente, en los mismos frutos, se determinó

secuencialmente la firmeza, contenido en sólidos solubles y acidez titulable. La firmeza fue analizada objetivamente por un ensayo mecánico de penetración utilizando un punzón de 8 mm de diámetro. La epidermis era eliminada en dos caras opuestas de la región ecuatorial. Un Instron Food Testing Instrument mod. 4501 fue utilizado a una velocidad constante de $200 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, determinando la fuerza máxima de penetración en cada una de la curva fuerza deformación. La acidez titulable y el contenido en sólidos solubles se determinaron por triplicado en un homogeneizado de 3 frutos, utilizando un Osterrizer. El contenido en sólidos solubles fue determinado en cada homogeneizado utilizando un refractómetro digital Atago dbx30 con compensación de temperatura, expresando los resultados como porcentaje de sólidos solubles. La acidez titulable fue determinada en una alícuota del homogeneizado de 10 g diluida a 65 ml con agua destilada, utilizando un titulador automático Metler. Las muestras fueron tituladas con NaOH 0,1N hasta que el pH alcanzaba un valor de 8,1. Los resultados son expresados como mg de ácido málico por gramo de peso fresco.

La pérdida de peso de los frutos por transpiración fue analizada en 10 frutos por tratamiento a 20°C . La pérdida de peso en fruto individual por tratamiento a 20°C fue calculada periódicamente durante el proceso de maduración utilizando una balanza de precisión.

La producción de volátiles durante el proceso de maduración de los frutos enviados a España fue analizada por quintuplicado. Dos frutos de cada muestra se introdujeron en el interior de un frasco de vidrio de 1.7L que fue sellado durante 50 minutos a 20°C . En el minuto 50 se introdujo en el frasco una jeringa SPME provista de una fibra recubierta de 65 μm de polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB de Supelco), exponiéndola durante 15 minutos a la atmósfera interna generada. Los analitos extraídos son desadsorbidos térmicamente en el inyector del sistema cromatográfico exponiendo la fibra a 250°C durante 2 min. Los volátiles fueron determinados en un cromatógrafo de gases Agilent 6890 acoplado a un espectrómetro de masas Agilent 5973MSD, operando en modo impacto electrónico y filtro de masas cuadrupolar. La separación cromatográfica fue realizada con una columna capilar DB WAXetr J&W (35 m x 0.321mm x 0.25 μm) utilizando helio como gas portador, en modo splitless, a un flujo constante de $1.5 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Los cromatogramas fueron procesados con el programa informático Chemstation (Agilent Tech.) y cada pico fue identificado por comparación de su espectro de masas con los correspondientes de la librería Wiley & Son integrada en el programa informático.

El análisis estadístico de los resultados fue realizado mediante análisis de la varianza de una vía, utilizando el test de la mínima diferencia significativa (LSD) con un intervalo de confianza del 95% para la comparación de las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etileno y maduración

Tras quince días en cámara frigorífica, la producción de se inicia tras cinco días de maduración a 20°C , alcanzando tras dos semanas de maduración los frutos Control y los tratados con Etoxiquina, concentraciones de etileno entre $50\text{-}60 \mu\text{l}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; observándose una ralentización significativa en la producción de etileno de los lotes tratados con el recubrimiento. La conservación frigorífica estimula la producción de etileno en peras. Tras cuatro meses de conservación la producción inicial de etileno en los frutos Control y tratados con Etoxiquina superaba los $90 \mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, mientras que los lotes tratados con el recubrimiento presentaban valores iniciales de $20\text{-}30 \mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Los frutos no tratados con el recubrimiento presentaron un pico de etileno tras 3 días de maduración a 20°C , teniendo posteriormente un fuerte descenso lineal en su producción hasta el día 11 de maduración. Por el contrario, los frutos tratados con el recubrimiento presentaron un ligero incremento hasta el

noveno día de maduración, o se mantuvieron en valores estables en el lote de frutos tratados con etoxiquina y el recubrimiento comestible.

Tras siete meses e conservación, la evolución de senescencia en todas las partidas de pera fue evidente y generalizada, si bien fue más patente en aquellos lotes no tratados con el recubrimiento comestible. Los valores iniciales de producción de etileno estaban entre 25-35 $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. En los frutos no tratados con el recubrimiento se conforma un pico de etileno entre el segundo y tercer día de maduración. En los frutos tratados con Etoxiquina y el recubrimiento el máximo de producción de etileno se ralentiza hasta el quinto día de maduración, manteniendo los frutos tratados exclusivamente con el recubrimiento bajas y estables producciones de etileno alrededor de 20-25 $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

Calidad de los frutos y maduración

Las principales alteraciones observadas por la aplicación de los tratamientos fueron observadas en la evolución de la firmeza y color de los frutos. Tras quince días de frigoconservación, la firmeza de todos los frutos se mantuvo con valores entorno a los 70 N. Tras una semana de maduración un descenso significativo ($p \leq 0,05$) de la firmeza se produce en los frutos tratados con Etoxiquina, manteniéndose estable la firmeza los lotes de frutos tratados con el recubrimiento. Tras dos semanas de maduración la firmeza de los lotes tratados con el recubrimiento estaban en torno a 20 N, siendo significativamente superior ($p \leq 0,05$) a la firmeza encontrada en los frutos Control.

Tras cuatro meses de conservación frigorífica, la firmeza de los frutos no tratados con el recubrimiento presentaba valores de 20 N tras 24 horas de maduración a 20°C. Por el contrario, los lotes tratados con el recubrimiento presentaban valores entre 25-30 N, siendo significativamente ($p \leq 0,05$) superior la firmeza de los frutos tratados exclusivamente con el recubrimiento a la firmeza de los frutos Control y de los tratados exclusivamente con Etoxiquina. Esta diferencia significativa se mantuvo durante el descenso lineal de la firmeza tras siete días de maduración.

Tras siete meses de frigoconservación, la firmeza inicial de las poblaciones fue inferior a 20 N, y el deterioro de determinadas partidas y avance de la maduración imposibilitó su continuación.

Tras quince días de frigoconservación el contenido en sólidos solubles (CSS) fue del 12%. Durante el subsiguiente proceso de maduración se observó un incremento lineal del CSS hasta valores de CSS del 13%, no observándose diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Tras cuatro meses de conservación frigorífica, durante el proceso de maduración el CSS de los lotes Control y Etoxiquina disminuye significativamente ($p \leq 0,05$), en relación a los valores estables obtenidos en los lotes de frutos tratados con el recubrimiento comestible. Tras siete meses de conservación, los diferentes lotes mantienen valores de CSS cercanos al 12%.

La acidez inicial de los frutos tras la recolección fue de 4 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco. Tras quince días de frigoconservación, durante la primera semana de maduración los frutos incrementan linealmente su acidez alcanzando valores entre 5 y 6 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Tras dos semanas de maduración se produce un colapso de la acidez en todos los tratamientos, obteniendo valores medios entre 3 y 4 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco. Tras cuatro meses de conservación frigorífica, los valores de acidez fueron próximos a 3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Estos valores se mantuvieron estables en todos los lotes durante el proceso de maduración, excepto en aquellos frutos tratados exclusivamente con el recubrimiento comestible, cuya acidez se incrementa tras siete días de maduración a 20°C. Tras siete meses de conservación frigorífica, la acidez de los diferentes lotes fue inferior a 3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco, sin diferencia significativa entre los tratamientos.

Los cambios en coloración de la pera cv Packham's Triumph durante el proceso de maduración van desde el verde intenso en recolección al amarillo pálido en senescencia. Los parámetros de color que mejor recogen los cambios producidos durante la maduración son la luminosidad (L^*) y tono (a^*+b^*). Tras quince días de frigoconservación los frutos mantuvieron una coloración estable durante la primera semana de maduración, observándose solamente un pequeño descenso del parámetro saturación. Tras dos semanas de maduración, se incrementan significativamente los valores de luminosidad y tono de los lotes de frutas no tratadas con el recubrimiento debido a la pérdida de color verde y amarillamiento de la epidermis. Por el contrario, los lotes de frutos tratados con el recubrimiento mantienen valores similares a los encontrados tras una semana de maduración, y significativamente inferiores ($p \leq 0,05$) a los obtenidos en el Control y frutos tratados exclusivamente con Etoxiquina. Tras cuatro meses de frigoconservación, los valores de luminosidad y tono, de los frutos no tratados con el recubrimiento, se han incrementado hasta valores cercanos a los 75 y 38-40 respectivamente, significativamente superiores ($p \leq 0,05$) a los encontrados en frutos tratados con el recubrimiento comestible. El leve descenso de ambos parámetros observado durante el proceso de maduración por siete días, debe ser atribuido al pardeamiento de la epidermis.

Tras siete meses de frigoconservación, los valores de los parámetros de color denotan el avanzado estado de maduración y senescencia de los frutos.

Envío marítimo de pera al mercado español

En junio de 2006 recibimos por transporte marítimo vía Barcelona un palet de pera Packham's Triumph con los diferentes tratamientos aplicados en febrero. Los frutos no manifiestan fisiopatías, presentan una firmeza próxima a los 40-42 N y coloración verde-verde clara, denotando diferencias entre los frutos tratados y no tratados con el recubrimiento.

Se realiza un proceso de maduración de los frutos durante diez días en frascos de flujo continuo en las condiciones mencionadas en materiales y métodos. Tras 24 h a 20°C, la respiración de los lotes de frutos no tratados con el recubrimiento era próxima a los 22-23 mg $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, mientras que la respiratoria de los lotes tratados con el recubrimiento fue significativamente inferior ($p \leq 0,05$) próxima a los 15 mg $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (fig.1) Los lotes Control y Etoxiquina muestran un comportamiento similar alcanzando un máximo de respiración el quinto día de maduración. Del mismo modo, el comportamiento de los lotes de frutos tratados con el recubrimiento mostraban un similar comportamiento; la intensidad respiratoria se incrementa lentamente durante los diez días de duración del proceso de maduración sin establecer un máximo de respiración.

Tras 24 horas de maduración, la producción de etileno en los frutos Control y Etoxiquina fue de 45 μl de etileno $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, mientras que en los frutos tratados con el recubrimiento la producción inicial de etileno fue significativamente inferior con valores menores a los 10 μl de etileno $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (fig. 2) En los frutos no tratados con el recubrimiento la producción de etileno forma un pico con un máximo en torno a los 60-70 μl de etileno $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ tras cuatro días de iniciarse el proceso de maduración, con un posterior descenso lineal hasta los 30-40 μl de etileno $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ al finalizar el proceso de maduración. En los frutos tratados con el recubrimiento se observó un inicial incremento de la producción de etileno, más acusado en los lotes tratados con el antioxidante.

Tras la llegada de los frutos, la firmeza inicial no difería entre los lotes de frutos tratados y no tratados con el recubrimiento. Durante la maduración a 20°C, la firmeza de los frutos Control y Etoxiquina, no tratados con el recubrimiento, disminuyó un 30% y un 75% tras tres y seis días de maduración, perdiendo su aptitud comercial, estableciéndose para ellos un tiempo óptimo de comercialización a temperatura ambiente de tres días. La aplicación del recubrimiento comestible incrementa la capacidad de comercialización de los frutos a

temperatura ambiente hasta los nueve días, manteniendo una firmeza similar a la de recepción tras seis días de maduración a 20°C (fig. 3)

El CSS a la llegada de los frutos estaba en torno al 12,5%. Durante el proceso de maduración se incrementa lenta y linealmente su contenido hasta valores cercanos al 13%, sin observarse diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Del mismo modo, la acidez de los frutos de los diferentes lotes se mantiene estable durante el proceso de maduración, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Los tres parámetros de color recogieron los cambios producidos durante el proceso de maduración de los frutos y que pueden ser apreciados en la ilustración. Tras tres días de maduración a 20°C, se observa un amarillamiento de la epidermis de los frutos Control y Etoxiquina que se traduce en un incremento de los valores del parámetro tono, debido a la pérdida de color verde y amarillamiento de la epidermis. Los lotes de frutos tratados con el recubrimiento mantuvieron una coloración verde-claro. Tras seis días a 20°C, el amarillamiento de los frutos Control y Etoxiquina fue generalizado, incrementándose en ellos los valores de los parámetros luminosidad, saturación y tono, obteniéndose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) respecto a los valores de estos parámetros en los lotes de frutos tratados con el recubrimiento (fig. 4). Tras nueve días de maduración, en la epidermis de los frutos Control y Etoxiquina se manifiestan pardeamientos procedentes de rozaduras y golpes producidos durante el desarrollo y manipulación de los frutos. En los lotes de frutos tratados con el recubrimiento se ha desarrollado una coloración verde-claro/amarillenta con pequeñas evidencias de pardeamientos epidérmicos.

Mediante cromatografía gaseosa-espectrometría de masa han sido cuantificados e identificados hasta 80 compuestos volátiles adsorbidos en la fibras PDMS/DVB. Los volátiles registrados pertenecen a grupos de ésteres, alcoholes, hidrocarburos, aldehídos y cetonas. Los diferentes compuestos, tiempos de retención, número asignado en el cromatograma y tendencia durante el proceso de maduración se presentan en la tabla 1. Los compuestos mayoritarios por abundancia fueron el acetato de hexilo, α -farneseno, 2,4 decadienoato de etilo, 1-metoxi-4 (2 propenil) benceno, acetato de pentilo, butanoato de hexilo, acetato de butilo, acetato de etilo y 2,4 decadienoato de metilo. Al analizar la producción total de volátiles en los frutos Control y los tratados con el recubrimiento observamos un incremento curvilíneo similar en ambas poblaciones durante los primeros 6 días de maduración a 20°C, para posteriormente observarse un incremento de volátiles totales en los frutos Control, y un descenso significativo ($p \leq 0,05$) en los frutos tratados con el recubrimiento (fig. 5). Esta diferenciación entre ambos lotes es atribuida a una ralentización en la producción de determinados volátiles, entre los que cabe destacar el butanoato de etilo, acetato de pentilo, hexanoato de metilo, acetato de hexilo (compuesto mayoritario), acetato de heptilo, hexanoato y butanoato de hexilo, hexanoato de pentilo, ciclooctano, decanoato de metilo, hexanoato de hexilo, acetato de 3-propilo, decadienoato de metilo y 2,4 decadienoato de etilo y metilo.

Las mermas por deshidratación de pera Packham's Triumph durante los procesos de maduración estaban en torno al 2-3% de peso fresco. La aplicación de los tratamientos con el recubrimiento comestible no fue capaz de paliar las pérdidas de peso ocasionadas durante los procesos de maduración tras su aplicación y tras la conservación frigorífica durante 4 y 7 meses.

La utilización de recubrimiento mixto produce una extensión de vida útil en pera cv. Packham's Triumph de seis días tras cuatro meses de frigoconservación, estando de acuerdo con los resultados obtenidos por Togrul y Arslan (2003) cuando utilizan emulsiones que contienen CMC. Mientras que la permeancia al agua es reducida significativamente a bajas concentraciones de compuestos hidrófobos como la cera carnauba (Amarante et al., 2001a), la utilización de compuestos hidrofílicos como la CMC representa una pobre barrera frente al agua (Olivas et al., 2003), estando de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio.

Varios recubrimientos ralentizan el desarrollo de color en pera. Así, Szczerbanic et al., (2005) encuentran que la utilización de aceite de colza retienen el color verde de la pera japonesa, siendo atribuido este efecto al incremento interno de la concentración de CO₂ y descenso de la concentración de O₂. En estudios con recubrimiento de carnauba y pera, Amarante et al., (2001b) imputan los cambios de color a la presión parcial interna de O₂; mientras que el incremento de la concentración interna de CO₂ estaría relacionado con la retención de la firmeza de los frutos.

CONCLUSIONES

La utilización de este recubrimiento mixto es eficaz en ralentizar la maduración de las peras, mediante su incidencia en la producción de etileno y respiración de los frutos, ralentizando la evolución de la firmeza y desarrollo de coloración incrementando la vida útil de comercialización de los frutos hasta seis días en condiciones ambientales de 20°C y humedad relativa del 70%. Del mismo modo, también ralentiza la producción de volátiles totales disminuyendo su producción total por la utilización del recubrimiento comestible. Aunque las pérdidas por transpiración nos son importantes, sería deseable la incorporación de compuestos hidrófobos compatibles que disminuyeran la permeancia al agua y disminuyeran de forma eficaz las pérdidas por transpiración.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J.; Alique, R. 2004. Influence of edible coating son shelf life and quality of "Picota" sweet cherries. *European Food Research and Technology*. 218(6):535-539.
- Alonso, J.; Alique, R.; Paris, X. 2004. Efecto de un recubrimiento comestible en la respiración, pérdida de peso y calidad de tomate cherry cv 'Josefina'. p. 421-425 In IV Simposio Ibérico, I Nacional, VII Español de Maturação e Pós-Colheita" Oeiras, Portugal.
- Alonso, J.; Alique, R.; Sotelo, C.; Martínez, M.A.; Navarro, S. 2006. Incremento de vida útil de pera cv. Conferencia y evolución de compuestos volátiles por la aplicación de recubrimientos comestibles. p. 349-352 In "Innovaciones Fisiológicas y Tecnológicas de la Maduración y Post-recolección de Frutas y Hortalizas. Orihuela, España.
- Amarante, C.; Banks, N.H.; Ganesh, S. 2001a. Characterising ripening behaviour of coated pears in relation to fruit internal atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 23(1): 51-59.
- Amarante, C.; Banks, N.H.; Ganesh, S. 2001b .Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapour and gases. *Postharvest Biology and Technology* 21(3): 291-301.
- Amarante, C.; Banks, N.H. 2002. Ripening behaviour, postharvest quality, and physiological disorders of coated pears (*Pyrus communis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 30(1): 49-59.
- Hagenmaier, R.D.; Baker, R.A. 1993. Reduction in Gas Exchange of Citrus Fruit by Wax Coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 41:283-287.
- Olivas, G.I.; Rodríguez, J.J.; Barbosa-Canovas, G.V. 2003. Edible coatings composed of methylcellulose, stearic acid, and additives to preserve quality of pear wedges. *Journal of Food Processing and Preservation* 27(4) : 299-320.
- Szczerbanik, M.J.; Scott, K.J.; Paton, J.E.; Best, D.J. 2005. The use of canola oil coatings to extend the storage life of Nashi pears. *Australian Journal of Agricultural Research* 56(10) : 1115-1121

Togrul, H.; Aíslan, N. 2004. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. Food Hydrocolloids 18(2): 215-226.

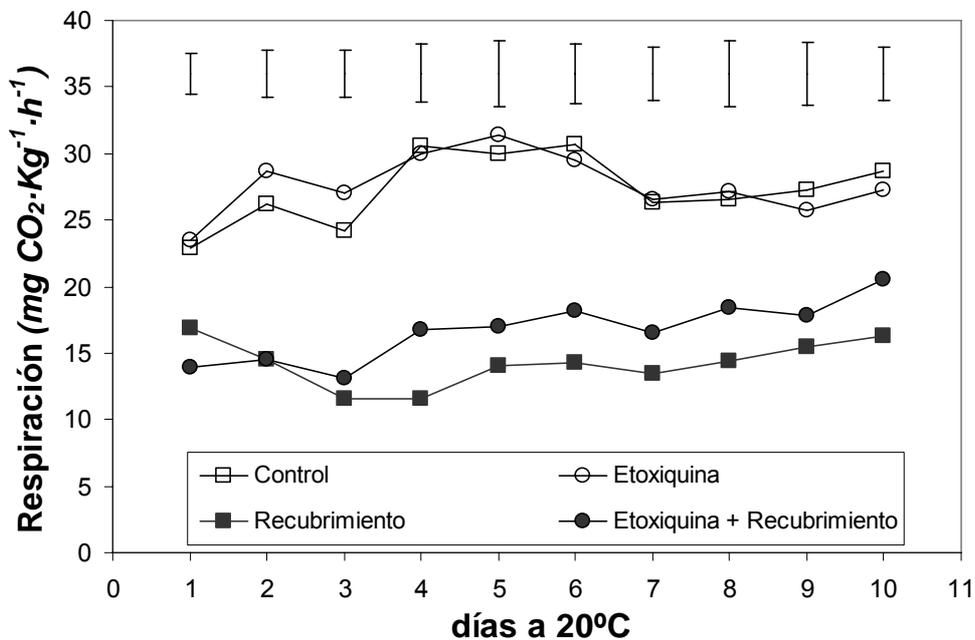


Figura 17: Intensidad respiratoria durante el proceso de maduración a 20°C de los diferentes lotes de pera cv. Packham's Triumph tras tres meses de frigoconservación y envío por transporte marítimo a España.

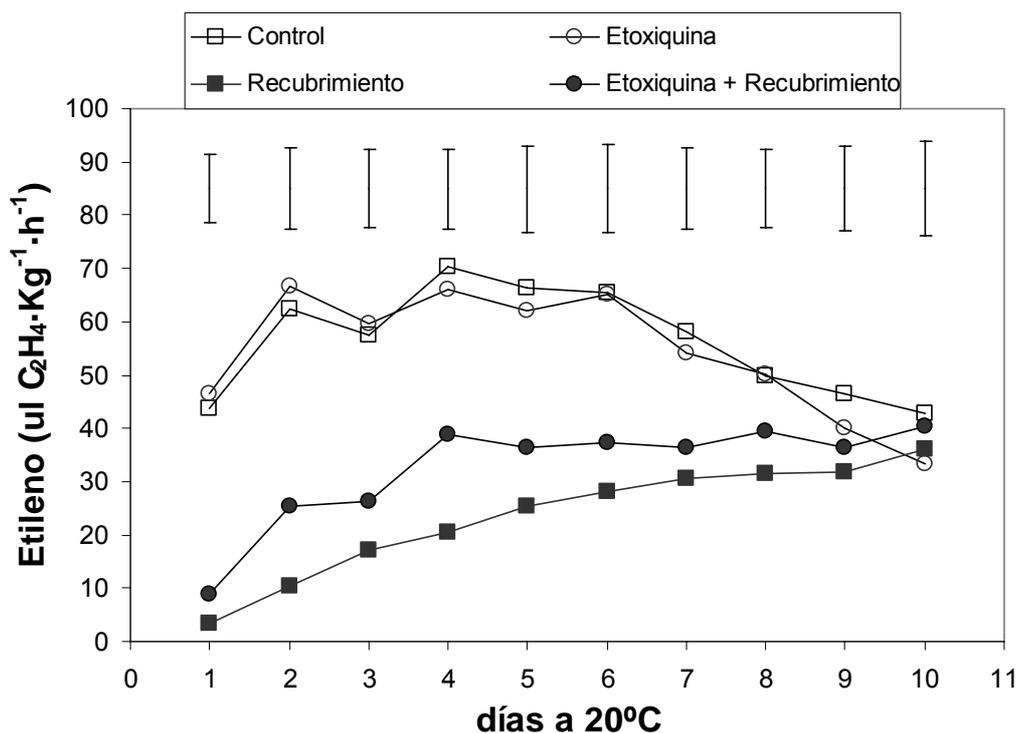


Figura 18: Producción de etileno durante el proceso de maduración a 20°C de los diferentes lotes de pera cv. Packham’s Triumph tras tres meses de frigoconservación y envío por transporte marítimo a España.

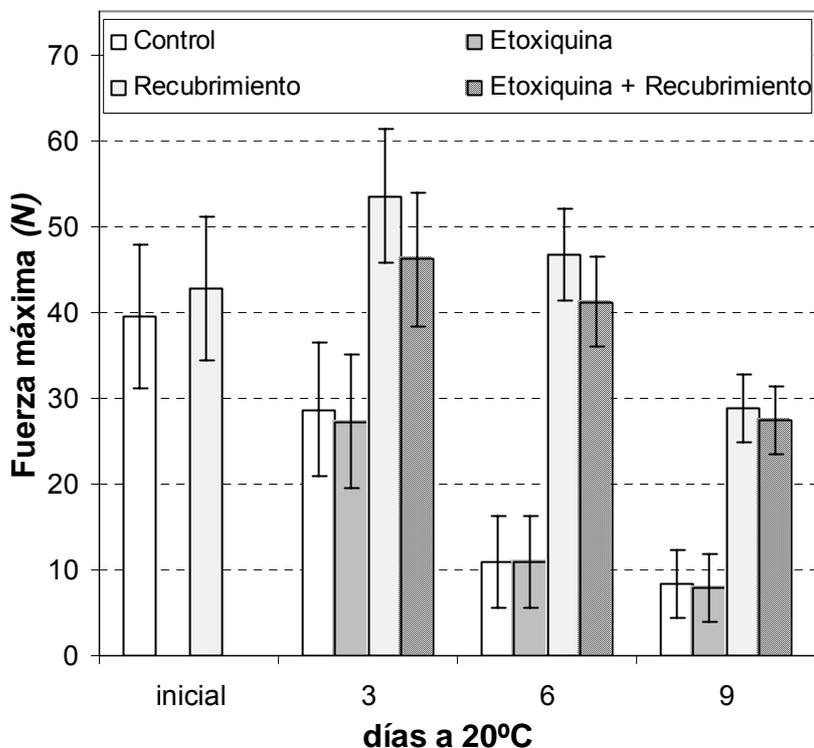


Figura 19: Evolución de la firmeza de los frutos durante el proceso de maduración a 20°C de los diferentes lotes de pera cv. Packham’s Triumph tras tres meses de frigoconservación y envío por transporte marítimo a España.

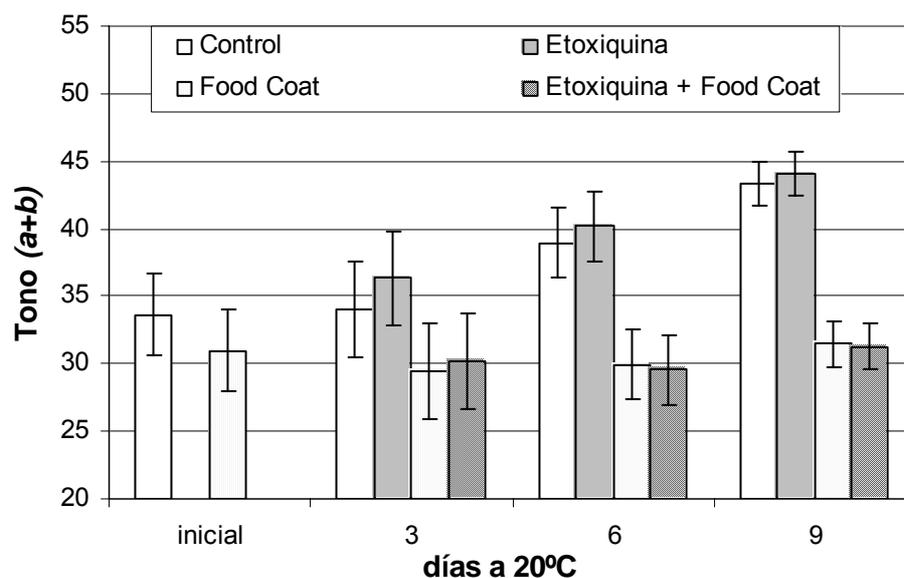


Figura 20 Evolución del color de la epidermis de los frutos durante el proceso de maduración a 20°C de los diferentes lotes de pera cv. Packham's Triumph tras tres meses de frigoconservación y envío por transporte marítimo a España.

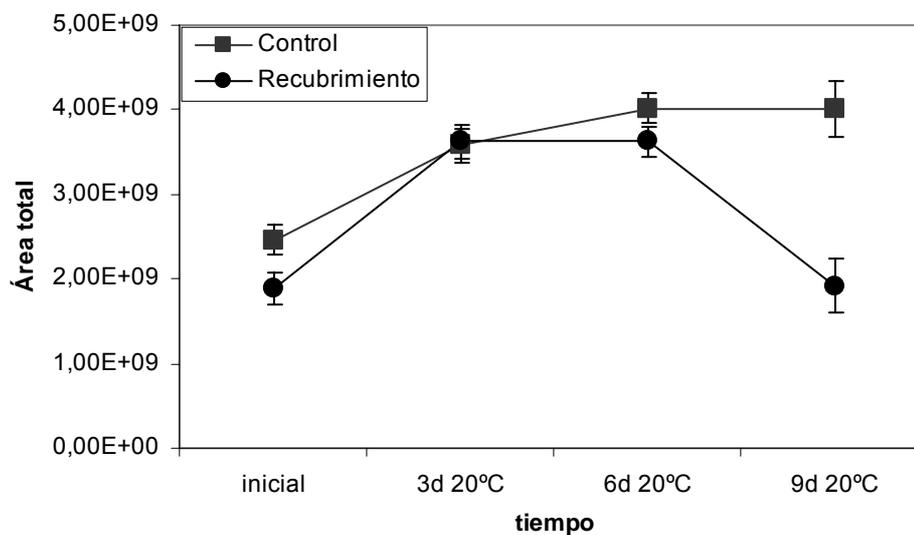


Figura 21: Evolución de la producción de volátiles totales en los frutos durante el proceso de maduración a 20°C de los lotes de pera cv. Packham's Triumph Control y Recubrimiento tras tres meses de frigoconservación y envío por transporte marítimo a España.

Tabla 9: Compuestos obtenidos pro microextracción de fase sólida (SPME), tiempo de retención, tendencia durante el proceso de maduración y rango de abundancia relativa. (a) Asignación al isómero estructural más probable. (b) asignación dudosa. (c) pico no resuelto. Tendencia: + incremento ó – descenso durante el proceso de maduración.

Tiempo de retención	COMPUESTO	Tendencia	Rango de abundancia
1.5	acetato de metilo	-	+
1.84	acetato de etilo	+	++
2.25	etanol	+	+
2.72	acetato de propilo	-	++
3.3	acetato 2- metil propilo	++	+
3.76	butanoato de etilo	++	+
4.6	acetato de butilo	-	+++
5.75	acetato de 2- metil-1 butanol (a)	-	++
6.44	1- butanol	+	++
7.23	acetato de pentilo (a)	--	++
7.61	hexanoato de metilo	--	+
8.31	2- metil-1 butanol	=+	+
8.56	butanoato de butilo (a)	-	++
9.06	hexanoato de etilo	=	++
9.41	decahidro, 2,6-dimetil naftaleno	-	+
9.69	No determinado	-	+
10	butanoato de 3- metil butilo (a)	-	+
10.5	acetato de hexilo	-	++++
	Octanona		
11.07	Tridecano	-	+
11.32	No determinado	-	+
11.49	acetato de 3(z)- hexenol	--	+
11.73	hexanoato de propilo	--	+
12.06	acetato de 5-hexenilo (b)	-	+
12.22	heptanoato de etilo	-	+
12.31	6-metil-5 hepten-2 ona	-	+
12.79	hexanoato de isobutilo	--	+
12.98	hexanol	-	++
13.49	acetato de heptilo	--	++
13.63	No determinado	-	+
13.92	octanoato de metilo	--	+
14.15	tetradecano		+
14.38	No determinado	--	+
14.5	hexanoato de butilo	--	++
14.6	butanoato de hexilo	--	++
14.86	2 -metil butanoato de hexilo (b)	-	+
15.09	octanoato de etilo	+ =	++
15.29	No determinado	--	+
15.61	hexanoato de isopentilo	--	+
15.91	6-metil-5- hepten-2 ol		+
16.07	α -copaene (b)	-	++
16.25	hexadienoato de etilo	--	+
16.57	2- etil hexanol	-	+
17	hexanoato de pentilo	--	+
17.23	benzaldehido	++	+
17.49	cicloocteno (b)	--	++
17.7	No determinado	--	+
18.27	2- octenoato de etilo (b)	-	+

18.61	1- octanol	+ =	+
19.2	β -elemene (<i>b</i>)	-	+
19.83	decanoato de metilo	--	+
20.44	hexanoato de hexilo	--	++
20.59	octanoato de butilo	--	+
21.07	4 (z) decenoato de metilo	--	++
21.21	acetato de 3 (metiltio) propilo	--	+
21.53	decanoato de etilo	=	++
21.6	No determinado	--	+
21.8	No determinado	-	+
22.11	4 (z)- decenoato de etilo (<i>b</i>)	--	+
22.36	1- metoxi-4 (2 propenil) benceno	--	+++
22.68	No determinado	-	+
22.88	decadienoato de metilo	--	+
23.06	No determinado	-	+
23.76	α - farneseno (mezcla de isómeros) (<i>c</i>)	-	++
24.25	(E, E) α - farneseno	-	+++
24.4	(t) 2- decenoato de etilo	-	+
24.5	longipineno (<i>b</i>)	-	+
24.82	curcumeno (<i>b</i>)	-	+
25	(Z, E) 2, 4- decadienoato de metilo	--	++
25.3	acetato de 2 fenil etilo	-	++
25.4	(t) anethol	--	++
25.5	No determinado	-	+
25.73	2, 4 (E, Z) decadienoato de etilo	-	+++
25.83	No determinado	--	++
25.98	benzoato de butilo (<i>b</i>)	--	+
26.2	No determinado	-	+
26.48	No determinado	-	++
26.7	bencenoetanol (<i>b, c</i>)	-	+
26.8	No determinado	--	+
26.94	bencenoacetnitrilo	--	+
27.07	dehidroaromadendreno (<i>b</i>)	-	+