ITEA (2002), Vol. 98V N.° 3, 174-186

INFLUENCIA DE DIFERENTES ATMÓSFERAS DE FRIGOCONSERVACIÓN SOBRE LA CALIDAD AROMÁTICA DE LAS PERAS 'DOYENNE DU COMICE'

T. Fuentes, R. Miró, J. Graell, M.L. López

Área de Poscosecha, Centro UdL-IRTA. CeRTA
Av. Rovira Roure, 191. 25198 Lleida, España
e-mail: jordi.graell@irta.es

RESUMEN

La pera 'Doyenne du Comice' es una variedad considerada como una de las que presenta mejor calidad. En el presente estudio se evaluó la calidad aromática de dicha pera almacenada en diversas tecnologías de frigoconservación. Para ello, se recolectaron frutos en una finca comercial de Lleida, y se almacenaron en cámaras con diferentes atmósferas: aire normal (21% O_2 + 0,03% CO_2) y en dos atmósferas controladas con bajo oxígeno: 2% O_2 + 0,7% CO_2 y 2% O_2 + 4% CO_2. Los períodos de almacenamiento ensayados fueron 2, 3 y 5 meses (aire normal), y 3, 5 y 7 meses (atmósferas controladas). Después del almacenamiento, los frutos se mantenían a 20 °C durante 1, 5 y 7 días, tras los cuáles se procedía a la extracción de sus compuestos aromáticos (por el método de espacio de cabeza dinámico) y a su análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas.

La producción de aromas es máxima a los 5 meses de almacenamiento, en el caso de las diferentes atmósferas ensayadas. A partir de los 5 meses, las condiciones que permiten mayor emisión de aromas son: almacenamiento en atmósfera controlada LO1 (2% O_2+ 0,7% CO_2) y 7 días de estancia a 20 °C. Los ésteres son los compuestos mayoritarios en esta variedad de pera, destacando el acetato de butilo y el acetato de hexilo, especialmente en los frutos almacenados en la atmósfera LO1. La producción de alcoholes se vio influida, a partir de los 3 meses de conservación, tanto por la atmósfera de almacenamiento como por el período "shelf-life".

Palabras clave: Pera, 'Doyenne du Comice', Aroma, Frío normal, Atmósfera controlada.

SUMMARY

INFLUENCE OF DIFFERENT COLD-STORAGE ATMOSPHERES ON AROMATIC QUALITY OF 'DOYENNE DU COMICE' PEARS

'Doyenne du Comice' pear is considered as a variety that shows an excellent quality. The present study shows the effects of different cold-storage technologies on the aromatic quality of these pears. So, fruits were harvested in a commercial orchard in Lleida, and cold-stored in rooms with different atmospheres: normal air (21% O_2 + 0.03% CO_2), and two low oxygen-controlled atmospheres: 2% O_2 + 0.7% CO_2 and 2% O_2 + 4% CO_2. The storage periods were 2, 3 and 4 months (normal air), and 3, 5 and 7 months (controlled atmospheres). After storage, fruits were held at 20 °C for 1, 5 and 7 days, after which aroma compounds were obtained (by dynamic headspace method) and analysed by gas chromatography-mass spectrometry.

The maximum aroma production was reached at 5 months of storage, for different studied atmospheres. After 5 months of storage, the highest aroma production is obtai-

ned for the following conditions: storage in atmosphere LO1 (2% O_2+ 0.7% CO_2) and 7 days at 20 °C. Esters were the main compounds emitted for this variety, with notable amounts of butyl acetate and hexyl acetate, especially for fruits stored in LO1 atmosphere. The alcohol production was also influenced, after 3 months of storage, for the storage atmosphere and the shelf-life period.

Key words: Pear, 'Doyenne du Comice', Aroma, Normal air, Controlled atmosphere.

Introducción

Una estrategia para aumentar la competitividad del sector frutícola consiste en ampliar la oferta de variedades de fruta cultivadas en una zona, para así poder tener una comercialización más dilatada a lo largo de una campaña y evitar una saturación de la oferta de unas determinadas variedades. La pera 'Doyenne du Comice' (*Pyrus communis* L.) es una variedad considerada como una de las que presenta mejor calidad organoléptica (WROLSTAD *et al.*, 1991). Aunque no está muy extendido su cultivo en España, se considera interesante su potenciación comercial con vistas a poder lograr una mayor diversificación varietal que la que existe actualmente, y a poder incrementar su presencia en ciertos mercados en los que es especialmente demandada.

Según LEBLOND (1983), para la correcta maduración de esta variedad se precisa un cierto tiempo de permanencia en cámara frigorífica (conocido como "requerimiento de frío"), con el fin de inducir su climaterio etilénico característico. Este período de frío necesario, que también se precisa por parte de otras variedades, es función de la variedad (WANG *et al.*, 1985; ELGAR *et al.*, 1997) y del estado de madurez del fruto en el momento de la recolección (CHEN y MELLENTHIN, 1981; RECASENS *et al.*, 1989).

Después de la recolección, el almacenamiento en frío permite alargar el período de conservación de los frutos hasta los 5 meses, en condiciones de frío normal. Para almacenamientos más prolongados es necesaria la aplicación de técnicas de almacenamiento en atmósferas controladas. Habitualmente, esta variedad se conserva en atmósfera controlada con un 3% O_2 + 3% CO_2. De todas maneras, en la bibliografía hay disparidad de criterios respecto al nivel óptimo de anhídrido carbónico, puesto que en algún caso se recomiendan niveles tan elevados como el 5% (SCHWARZ, 1990) y, en otros estudios, los niveles citados son del 0,8% (RICHARDSON y GERASOUPOLUS, 1994). Factores como las condiciones ambientales y fechas de recolección usuales en las distintas zonas de cultivo pueden explicar, en parte, estas diferencias.

En los últimos años, ha habido un gran interés en el sector frigoconservador en aplicar las nuevas técnicas de almacenamiento en atmósferas con bajos niveles de oxígeno ("low oxygen", LO) para alargar el período de conservación y mejorar la calidad del fruto. Diversos investigadores (SCHWARZ, 1990; GARCÍA y STREIF, 1993; ROELOFS *et al.*, 1994) han demostrado que las atmósferas controladas con bajos niveles de oxígeno (1-2%) consiguen mantener satisfactoriamente la calidad de las peras 'Doyenne du Comice' a lo largo de su almacenamiento. Estos resultados están influidos por el estado de madurez y la zona de origen de los frutos (ECCHER *et al.*, 1993). De todas maneras, con la utilización de atmósferas controladas

bajas en oxígeno y/o altas en dióxido de carbono existe el riesgo, en función del período de almacenamiento y de la tolerancia de cada variedad, de que se produzcan procesos de fermentación anaerobia en los frutos, con la consiguiente acumulación no deseable de etanol y acetaldehído en los mismos (KE *et al.*, 1994; CHEVIN y TRUETT, 1999).

El aroma del fruto es uno de los atributos más importantes a la hora de determinar la calidad sensorial final del mismo. Efectivamente, el aroma es decisivo para poder identificar los compuestos "impacto" del sabor (TUCKER, 1993) y, por tanto, es importante para la aceptación de los frutos por los consumidores. El conocimiento sobre los componentes volátiles responsables del aroma de las peras 'Doyenne du Comice' es relativamente limitado comparado con otras variedades. Se sabe que los ésteres son los compuestos mayoritarios (ECCHER *et al.*, 1993; SUWANAGUL y RICHARDSON, 1998) pero la mayoría de los trabajos publicados se refieren a frutos almacenados en frío normal. En otras variedades de pera, las atmósferas controladas originan una disminución en la producción aromática (RIZZOLO *et al.*, 1991) y, por tanto, en su calidad organoléptica cuando los frutos son comercializados.

El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia que las atmósferas controladas bajas en oxígeno ejercen sobre la producción aromática de peras 'Doyenne du Comice' durante su almacenamiento y posterior maduración a 20 °C (período "shelf-life").

Material y métodos

Material

Se recolectaron peras de la variedad 'Doyenne du Comice' en una finca comercial (situada en Lleida) el día 28 de agosto de 1998, momento en que los frutos presentaban unos valores de parámetros de madurez (firmeza, acidez titulable, contenido en sólidos solubles, índice de almidón, tamaño del fruto y color de la epidermis) comercialmente adecuados para el almacenamiento frigorífico de los mismos.

Condiciones de almacenamiento

Una vez recolectados los frutos, éstos se trasladaron a la Central Hortofrutícola Nufri S.A.T (Mollerusa, Lleida) donde se les aplicó un tratamiento poscosecha con los siguientes productos: etoxiquina-72% (a una dosis del 0,35%), ortofenilfenol-30% (al 0,5%) e imazalil-50% (al 0,1%). A partir de frutos seleccionados (por su aspecto y estado sanitario) se hicieron tres lotes, los cuales se enfriaron rápidamente en cámaras frigoríficas, en las cuáles, si era el caso, se generaba la atmósfera controlada mediante una instalación PSA que generaba el nitrógeno necesario para el barrido del aire ambiente de las cámaras. Cada lote se almacenó (a –0,5 °C y 92-93 % de humedad relativa) con una tecnología de frigoconservación diferente: frío normal (21% O_2 + 0,03% CO_2), atmósfera controlada con bajos contenido en oxígeno y en dióxido de carbono (2% O_2 + 0,7% CO_2) y atmósfera controlada con bajo contenido en oxígeno y alto contenido en dióxido de carbono (2% O_2 + 4% CO_2). Las peras conservadas en frío normal (FN) fueron analizadas en noviembre, diciembre y febrero (es decir, a los 2, 3 y 5 meses después de entrada en cámara); por otra parte, las peras almacenadas en las atmósferas de bajo CO_2 (LO1) y alto CO_2 (LO2) se analizaron en diciembre, febrero y abril (es decir a los 3, 5 y 7 meses). Una vez finalizados cada período de almacenamiento, los frutos se mantuvieron

en una sala climatizada a 20 °C, procediéndose a analizar su calidad y su producción de aromas al cabo de 1, 4 y 7 días.

Determinación de parámetros de madurez y de calidad

En la cosecha y en los distintos momentos de salida de cámara se analizaron distintos parámetros de madurez y de calidad en muestras de 30 frutos (por triplicado), correspondientes a los distintos tratamientos. La firmeza del fruto se midió, en dos caras opuestas de la zona ecuatorial del mismo, utilizando un penetrómetro Effegi equipado con un pistón de 8 mm de diámetro; los resultados se expresan en N. El contenido de sólidos solubles (CSS) se midió, en el zumo del fruto, con un refractómetro digital Atago, expresándose los resultados en porcentaje (%). La acidez titulable (AT) se analizó mediante valoración de 10 ml de zumo con NaOH hasta pH = 8,1, expresándose los resultados en g de ácido málico/l de zumo. El índice de almidón fue determinado visualmente usando una escala de 1-6 (1, todo almidón; 6, nada almidón) tras permanencia de una sección ecuatorial del fruto en contacto con una solución de I_2-KI. El color de fondo de la epidermis del fruto se midió en la cara no coloreada del mismo con un colorímetro triestímulo Minolta, usando el parámetro a*+b* como indicador del cambio de color típico al madurar el fruto (desde tonalidades verdes a amarillas). La producción de etileno se analizó a partir del aire efluente de recipientes que contenían frutos aireados continuamente (con un caudal de 2 litros/hora) y que estaban localizados en una sala climatizada a 20 °C; muestras gaseosas de este aire (1 ml) se inyectaban en un cromatógrafo gas-líquido (Hewlett-Packard 5890) equipado con un detector de ionización de llama y una columna de 1,5 m x 3 mm con óxido de aluminio activado. Los análisis se realizaron en régimen isocrático a 100 °C, utilizando nitrógeno como gas portador, y aire e hidrógeno como gases auxiliares; los flujos fueron 45, 400 y 45 ml/min. respectivamente. Las temperaturas del inyector y del detector fueron 120 y 180 °C, respectivamente.

Determinación de componentes volátiles aromáticos

Para la extracción de componentes volátiles aromáticos de peras intactas se utilizó el método de espacio de cabeza dinámico descrito por López *et al.* (1998). La identificación y cuantificación de los compuestos aromáticos se realizó mediante un cromatógrafo gas-líquido (Hewlett-Packard 5890) equipado con un detector de ionización de llama y una columna capilar "cross-linked" FFAP de 50 m x 0,2 mm (d.i.) x 0,33 µm. Se usó nitrógeno como gas portador con un flujo de 0,8 ml/min. (17,4 cm/s). Las temperaturas del detector y del inyector se mantuvieron a 240 °C. Los análisis se llevaron a cabo con programación de temperaturas: 70 °C durante 1 min.; de 70 a 142 °C, a 3 °C/min.; de 140 a 220 °C, a 25 °C/min.; 220 °C durante 10 min. Se utilizó 1 µl como volumen de inyección para todos los análisis. Para la identificación y confirmación de los diferentes componentes se utilizó un cromatógrafo de gases-espectrómetro de masas Hewlett-Packard 5890, equipado con la misma columna capilar señalada anteriormente. Los espectros de masas se obtuvieron por ionización de impacto electrónico de 70 eV. Se ha utilizado helio como gas portador a un flujo de 0,6 ml/min. (20,4 cm/s) en modo "splitless" y con una programación de temperaturas de: 40 °C durante

15 min.; de 40 a 210 °C, a 5 °C/min.; y 210 °C durante 15 min. Los datos espectrométricos fueron comparados con los espectros de masas de la librería NIST HP5943C (Hewlett-Packard).

Tratamiento estadístico

La experiencia se planteó según un diseño factorial que contemplaba como factores: los períodos de almacenamiento, las tecnologías de frigoconservación, los períodos de maduración post-almacenamiento y las repeticiones realizadas; los resultados obtenidos fueron tratados mediante análisis de varianza (GLM-ANOVA), utilizando el paquete de programas SAS (SAS INSTITUTE, 1988), y el test de Duncan para la separación de medias ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

En el momento de la cosecha, los frutos presentaban un estado de madurez adecuado para ser destinados a almacenamiento en cámara frigorífica, de acuerdo con las recomendaciones usualmente aplicadas por el sector en Lleida (cuadro 1). A partir del momento de la cosecha, los frutos mantenidos a 20 °C durante 15 días posteriores no presentaron emisión de etileno (datos no mostrados), confirmándose así la necesidad de frío que presenta dicha variedad según LEBLOND (1983).

En el cuadro 2 se presentan los compuestos volátiles aromáticos identificados a lo largo del almacenamiento de los frutos; así mismo, se señalan sus umbrales de detección olfativa puesto que nos son útiles como indicadores de la contribución de los distintos compuestos volátiles al aroma global (TAKEOKA *et al.*, 1992). Los ésteres son los componentes mayoritarios, resultado análogo al obtenido por ECCHER *et al.* (1993) y por SUWANAGUL y RICHARDSON (1998). En este grupo de ésteres, los acetatos de butilo y de hexilo destacan cuantitativamente y cualitativamente; podemos decir que son los que más contribuyen al aroma de las peras 'Doyenne du Comice' por tener los menores umbrales olfativos de todos los compuestos

Cuadro 1. Parámetros de madurez[a] de las peras 'Doyenne du Comice' en la fecha de recolección

Table 1. Maturity parameters[a] of 'Doyenne du Comice' pears at harvest date

Parámetro	
Peso (g)	284,5 ± 1,2
Calibre (mm)	80,0 ± 4,4
Firmeza (N)	42,2 ± 1,9
Sólidos solubles (%)	10,9 ± 0,4
Acidez titulable (g á. málico/l)	1,9 ± 0,2
Indice de almidón (1-6)	3,5 ± 0,4
Color de la epidermis L*	64,0 ± 1,1
a*+b*	23,5 ± 0,8

[a] Las medias y sus desviaciones se han calculado a partir de 30 frutos.

[a] *Values are means and standard deviations calculated from 30 pears.*

Cuadro 2. Compuestos aromáticos emitidos por las peras 'Doyenne du Comice' y sus umbrales de detección olfativa en agua

Table 2. Aromatic compounds emitted by 'Doyenne du Comice' and their odor threshold in water

Compuesto aromático		% Detectado en frigoconservación	Umbral de detección olfativa (µgl/L)
Ésteres	Acetato de etilo	1-14%	5000[a]
	Acetato de propilo	0-2,5%	
	Acetato de butilo	34-72%	66[a]
	Acetato de pentilo	1-3%	
	Acetato de hexilo	16-32%	2[b]
	Acetato de 2-metilbutilo	0-6%	11[c]
	Hexanoato de etilo	0-0,5%	1[c]
Alcoholes	Etanol	0-9%	100000[a]
	1-propanol	0,5-19%	9000[a]
	1-butanol	3-8%	500[a]
	1-hexanol	0-2,5%	2500[d]
	2-metil-1-propanol	0-0,25%	
	2-metil-1-butanol	0-0,5%	

[a] FLATH *et al.* (1967).
[b] BUTTERY *et al.* (1982).
[c] TAKEOKA *et al.* (1992).
[d] TAKEOKA *et al.* (1990).

volátiles identificados. Este resultado nos indica que éstos dos ésteres contribuyen en el sabor por su carácter dulce afrutado. En cambio, el predominio del 1-butanol, presente en bajas concentraciones al igual que los demás alcoholes, contribuye a la sensación dulce.

La evolución de los aromas totales durante el período de maduración post-almacenamiento a 20 °C, para cada una de las tres atmósferas de almacenamiento ensayadas, se muestra en la figura 1. Se puede observar que a los 7 días se produce la máxima producción de aromas totales. Este efecto favorable del periodo "shelf-life" sobre la emisión de aromas concuerda con los resultados obtenidos por ECCHER *et al.* (1993) en peras 'Doyenne du Comice', si bien dichos autores sólo conservaron las peras en condiciones de frío normal y analizaron la producción de aromas tras 1, 7 y 8 días a 20 °C.

En nuestro estudio, la mayor producción aromática se obtiene a los 5 meses de almacenamiento, tanto en peras conservadas en frío normal como las conservadas en atmósfera controlada (figura 1). Este resultado también se obtuvo por LÓPEZ *et al.* (1998) en manzanas 'Starking Delicious' almacenadas en condiciones de frío normal y en tres diferentes atmósferas controladas (3% O_2 + 3% CO_2; 2% O_2 + 2% CO_2; 1% O_2 + 1% CO_2). El efecto reductor de las atmósferas controladas sobre los aromas del fruto a lo largo del periodo de almacenamiento, que obtenían RIZZOLO *et al.* (1991) en peras

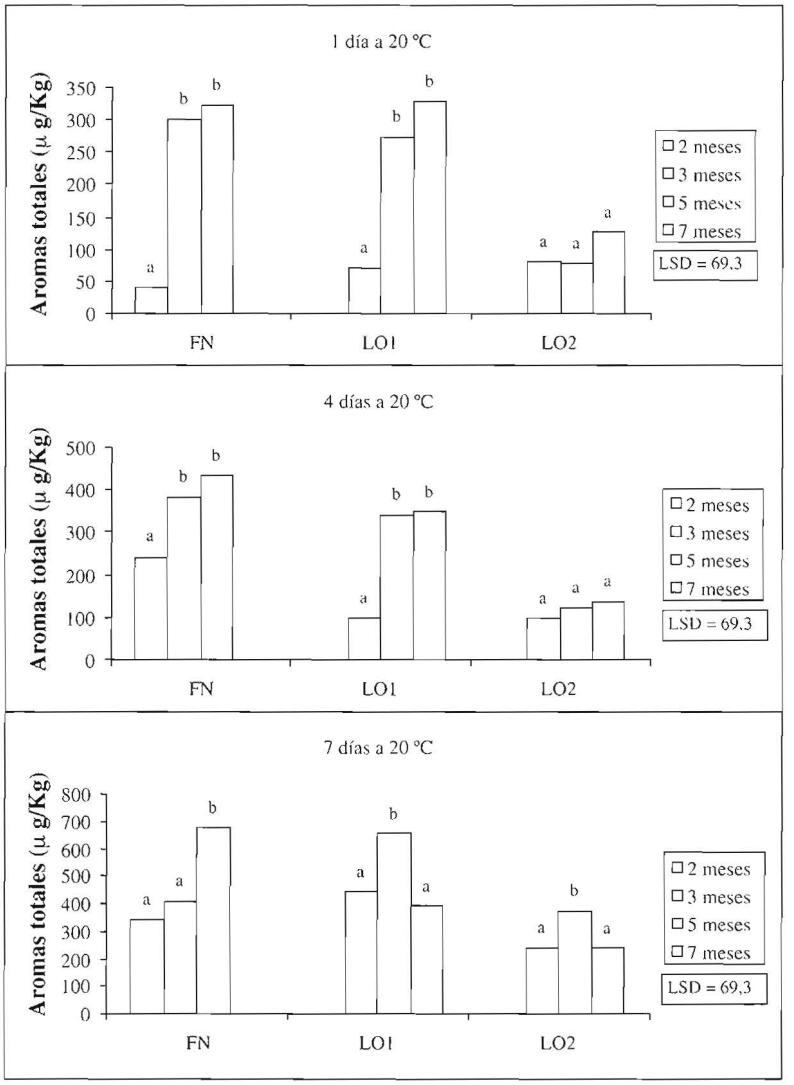


Figura 1. Aromas totales emitidos por peras 'Doyenne du Comice' después del almacenamiento y después de 1, 4 y 7 días adicionales a 20 °C. Los períodos de almacenamiento eran: 2, 3 y 5 meses para las peras conservadas en FN (21% O_2 + 0,03% CO_2), y 3, 5 y 7 meses para las peras conservadas en LO1 (2% O_2 + 0,7% CO_2) y en LO2 (2% O_2 + 4% CO_2). Barras con la misma letra dentro de una tecnología de frigoconservación no son significativamente diferentes (p = 0,05) según el test de Duncan.

Figure 1. Total aromatic emission of 'Doyenne du Comice' pears after storage plus 1, 4 and 7 days at 20 °C. The storage periods were: 2, 3 and 5 months for pears in FN (21% O_2 + 0.03% CO_2), and 3, 5, and 7 months for pears in LO1 (2% O_2 + 0.7% CO_2) and in LO2 (2% O_2 + 4% CO_2). Bars with the same letter within each cold-storage technology are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's test.

'Passa Crassana', sólo resulta significativo en nuestras peras 'Doyenne du Comice' después de los 7 meses de almacenamiento y de 7 días adicionales de maduración a 20 °C. Por otra parte, las peras conservadas en atmósfera controlada con alto CO_2 (2% O_2 + 4% CO_2) presentaron siempre una menor emisión de aromas totales al cabo de medios y largos períodos de almacenamiento (5 y 7 meses, respectivamente).

La producción de ésteres fue siempre superior a la de alcoholes (figuras 2 y 3) en todas las condiciones de conservación. Esta mayor producción de ésteres también fue citada por ECCHER *et al.* (1993) para esta misma variedad de pera (recolectada en tres fechas sucesivas, en dos localidades diferentes y conservadas en frío normal durante 5 meses). La figura 2 muestra como, para cortos períodos de conservación (3 meses), la mayor producción de ésteres totales se obtiene en condiciones de frío normal; además, se observa un aumento de ésteres totales en las peras procedentes de condiciones de atmósfera controlada, tras 7 días a 20 °C. Así, los frutos procedentes de LO1 (2% O_2 + 0,7% CO_2), igualan, al cabo de 7 días de maduración, la producción de ésteres obtenida en condiciones de frío normal. Para medios (5 meses) y largos (7 meses) períodos de almacenamiento, se mantiene el efecto positivo del período "shelf-life" sobre la producción de ésteres totales de las peras procedentes de todas la tecnologías de frigoconservación estudiadas. Las condiciones que proporcionan frutos con mayor contenido en ésteres totales, para medios y largos períodos de almacenamiento frigorífico, son: atmósfera controlada con bajo contenido en dióxido de carbono (2% O_2 + 0,7% CO_2) y 7 días de maduración post-almacenamiento a 20 °C.

La figura 3 muestra que la evolución de la producción de alcoholes totales, para cortos períodos de almacenamiento frigorífico (3 meses), ya es diferente en ese momento según las condiciones de conservación y del período "shelf-life"; en cambio, para diferentes variedades de manzana como: 'McIntosh' y 'Cortland' (YAHIA *et al.*, 1990); 'Law Rome' (FELLMAN *et al.*, 1993); 'Starking Delicious' (LÓPEZ *et al.*, 1998) y 'Golden Delicious' (LÓPEZ *et al.*, 2000), son necesarios períodos más largos para que se manifiesten diferencias significativas en la producción tanto de ésteres como de alcoholes. El efecto favorable del período "shelf-life" sobre la producción de ésteres se repite en el caso de la emisión de alcoholes, sólo cuando las peras proceden de 5 meses de almacenamiento en frío normal y en atmósfera controlada con bajo CO_2 (LO1). En cambio, se observa una disminución de la emisión de alcoholes totales en los frutos almacenados en atmósfera controlada con alto CO_2 (LO2) .

El cuadro 3 muestra la influencia que las diferentes atmósferas de almacenamiento y los tres períodos de "shelf-life" ejercen sobre cada uno de los componentes aromáticos en las peras 'Doyenne du Comice', para el período de mayor producción aromática (5 meses). Se puede observar que el acetato de hexilo y el acetato de butilo son los componentes mayoritarios en las peras 'Doyenne du Comice' conservadas tanto en condiciones de frío normal como en atmósfera controlada con bajo oxígeno (cuadros 2 y 3). Sus mayores concentraciones se obtienen en las peras conservadas en atmósfera controlada con bajo CO_2 (2%O_2 + 0,7% CO_2) y tras 7 días de período de maduración a 20 °C. Igualmente, el periodo de "shelf-life" provoca un aumento de los acetatos de cadena lineal en todas las condiciones de oxígeno y de dióxido de carbono ensayadas.

Las mayores concentraciones, en el caso de todos los ésteres, se obtienen en los fru-

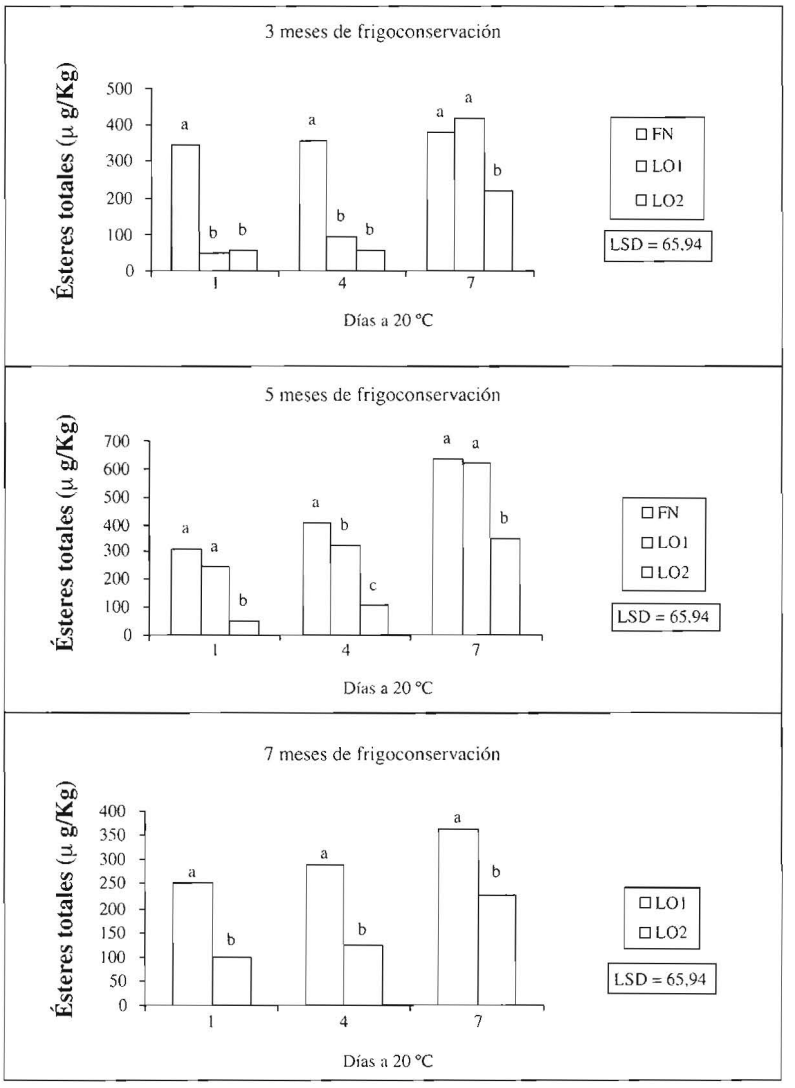


Figura 2. Ésteres totales emitidos por peras 'Doyenne du Comice' a los 3, 5 y 7 meses de frigoconservación en distintas atmósferas: 21% O_2+ 0,03% CO_2 (FN); 2% O_2+ 0,7% CO_2 (LO1) y 2% O_2+ 4% CO_2 (LO2). Los valores son media de 4 repeticiones de extractos de muestras cada uno obtenidos a partir de 1 kg de peras. Barras con la misma letra dentro de un mismo día de maduración a 20 °C no son significativamente diferentes (p = 0,05) según el test de Duncan.

Figure 2. Total ester emission of 'Doyenne du Comice' pears at 3, 5 and 7 months of cold-storage in different atmospheres: 21% O_2+ 0.03% CO_2 (FN); 2% O_2+ 0.7% CO_2 (LO1) and 2% O_2+ 4% CO_2 (LO2). Values are means of four replicate extract samples each obtained from 1 kg of pears . Bars with the same letter within each day of ripening at 20 °C are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's test.

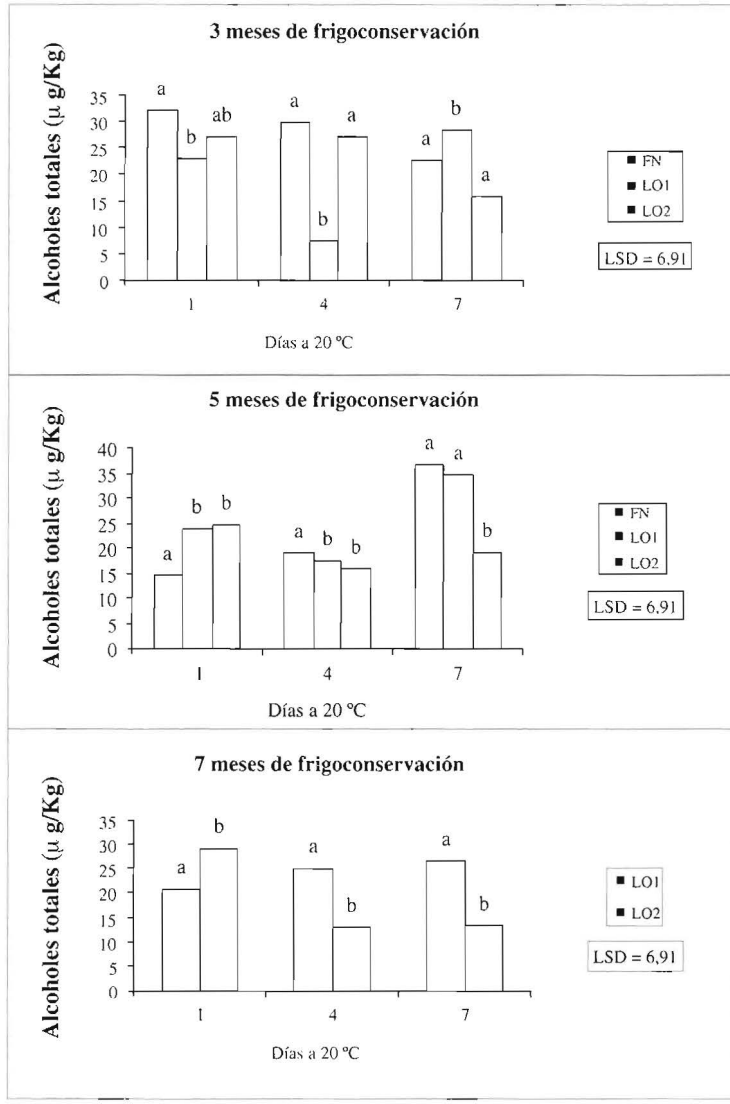


Figura 3. Alcoholes totales emitidos por peras 'Doyenne du Comice' a los 3, 5 y 7 meses de frigoconservación en distintas atmósferas: 21% O_2+ 0,03% CO_2 (FN); 2% O_2+ 0,7% CO_2 (LO1) y 2% O_2+ 4% CO_2 (LO2). Los valores son media de 4 repeticiones de extractos de muestras cada uno obtenidos a partir de 1 kg de peras. Barras con la misma letra dentro de un mismo día de maduración a 20 °C no son significativamente diferentes (p = 0,05) según el test de Duncan .

Figure 3. Total alcohol emission of 'Doyenne du Comice' pears at 3, 5 and 7 months of cold-storage in different atmospheres: 21% O_2+ 0.03% CO_2 (FN); 2% O_2+ 0.7% CO_2 (LO1) and 2% O_2+ 4% CO_2 (LO2). Values are means of four replicate extract samples each obtained from 1 kg of pears. Bars with the same letter within each day of ripening at 20 °C are not significantly different (p = 0.05) according to Duncan's test.

Cuadro 3. Efecto de diferentes atmósferas sobre los contenidos[a] en ésteres y alcoholes de las peras 'Doyenne du Comice' después de 5 meses de almacenamiento más 1, 4 y 7 días a 20 °C.
Table 3. Effect of different atmospheres on ester and alcohol amounts[a] from 'Doyenne du Comice' pears after 5 months of storage plus 1, 4, and 7 days at 20 °C.

Compuesto	días a 20 °C	0,03% O_2:21% CO_2		2% O_2:0,7% CO_2		2% O_2:4% CO_2	
acetato de etilo	1	5,55	a A	5,52	a A	1,45	a A
LSD = 6,80	4	6,06	a A	9,97	a A	2,96	a A
	7	25,07	b B	26,14	B c	12,74	a B
acetato de propilo	1	3,04	a A	2,34	a A	1,80	a A
LSD = 1,65	4	1,43	a A	1,97	a A	1,19	a A
	7	4,71	a B	5,33	a B	4,37	a B
acetato de butilo	1	164,68	a A	191,89	a A	28,82	b A
LSD = 42,64	4	181,46	b A	247,37	c B	72,14	a B
	7	335,54	a B	367,23	a C	231,24	b C
acetato de 2-metilbutilo	1	0,29	a A	0,98	a A	4,74	b B
LSD = 1,26	4	0,00	a A	0,00	a A	0,42	a A
	7	1,34	a A	2,02	a A	1,15	a A
acetato de pentilo	1	4,90	a A	5,94	a A	1,47	b A
LSD = 2,42	4	4,62	a A	8,45	b B	2,36	a A
	7	13,92	b B	12,62	a C	10,90	a B
hexanoato de etilo	1	0,48	a A	0,68	a A	0,30	a AB
LSD = 0,59	4	0,98	a A	0,00	b B	0,00	b A
	7	0,54	a A	1,92	b C	0,68	a B
acetato de hexilo	1	37,16	ab A	52,99	a A	13,48	b A
LSD = 32,89	4	64,82	b A	79,08	b A	27,63	a A
	7	148,63	a B	204,08	b B	132,25	a B
etanol	1	1,32	a A	2,54	ab A	3,49	b AB
LSD = 2,12	4	0,65	a A	1,96	a A	5,04	b B
	7	3,71	a B	2,53	a A	2,17	a A
1-propanol	1	1,37	a A	7,99	b B	16,79	c C
LSD = 2,93	4	0,71	a A	1,42	a A	5,40	b B
	7	0,73	a A	1,48	a A	1,62	a A
2-metil-1-propanol	1	0,13	a A	0,71	b B	0,00	a A
LSD = 0,32	4	0,57	b B	0,00	a A	0,00	a A
	7	0,83	ab B	0,94	b B	0,53	a B
1-butanol	1	9,67	b A	11,37	b A	4,31	a A
LSD = 3,87	4	13,53	b A	12,91	b A	5,49	a A
	7	19,49	b B	21,47	b B	12,78	a B
2-metil-1-butanol	1	0,37	a A	0,00	a A	0,00	a A
LSD = 0,71	4	0,00	a A	0,00	a A	0,00	a A
	7	0,20	a A	0,94	b B	0,35	ab A
1-hexanol	1	1,48	a A	1,40	a A	0,17	a A
LSD = 1,42	4	2,28	b AB	1,23	ab A	0,00	a A
	7	3,34	b B	5,04 c	b	1,92	a B

[a] Los valores son media de cuatro repeticiones de extractos de muestras, cada una obtenida a partir de 1 kg de peras y son el resultado de 24 horas de extracción. Medias dentro del mismo día de maduración seguidas por letra minúscula no son diferentes significativamente a p = 0,05 según el test de Duncan. Medias dentro de la misma condición de frigoconservación seguida por letra mayúscula no son significativamente diferentes a p = 0,05 según el test Duncan.

[a] *Values are means of four replicate extract samples each obtained from 1 kg pears and are the result of 24 h. collection. Means within the same day of ripening followed by the same small letters are not significantly different at p = 0.05 (Duncan's test). Means within the same cold-storage condition followed by the same capital letters are not significantly different at p = 0.05 (Duncan's test).*

tos almacenados en las condiciones de atmósfera controlada. Pero, es la atmósfera controlada con bajo CO_2 (2% O_2 + 0,7% CO_2) la que proporciona frutos con mayores concentraciones en cada uno de los ésteres, excepto para el caso del acetato de 2-metilbutilo, que alcanza su máxima concentración en condiciones de atmósfera controlada con alto CO_2. Después de 5 meses de almacenamiento y posterior estancia a 20 °C, se produce una disminución del 1-propanol al mismo tiempo que un aumento del contenido de acetato de propilo en las peras 'Doyenne du Comice' que han sido conservadas en las atmósferas controladas. Esto podría confirmar el origen bioquímico del acetato de propilo a partir del 1-propanol, y el efecto favorable de la permanencia post-almacenamiento a temperatura ambiente, como observaron: HANSEN *et al.* (1992), en manzanas 'Jonagold'; y LÓPEZ *et al.* (1998), en manzanas 'Starking Delicious'. Según ECCHER *et al.* (1993), el período "shelf-life" disminuye la cantidad de los alcoholes en peras 'Doyenne du Comice' conservadas en condiciones de frío normal; sin embargo, en el presente estudio ello sólo se observó en el caso del 1-propanol, si bien nuestras diferencias no llegan a ser significativas. En condiciones de atmósfera controlada, los contenidos de etanol y 1-propanol sí disminuyen con el período de maduración a 20 °C, pero aumentan las concentraciones de 2-metil-1-propanol, de 1-butanol, de 2-metil-1-butanol y de 1-hexanol.

En conclusión, la producción de aromas de peras 'Doyenne du Comice' es máxima a los 5 meses de almacenamiento; a partir de ese momento, los frutos que mantienen mayor emisión de compuestos aromáticos son aquellos que han sido almacenados en una atmósfera 2% O_2 + 0,7% CO_2 y han permanecido unos 7 días adicionales a 20 °C (período "shelf-life"). La producción de ésteres fue siempre superior a la de alcoholes, en el caso de todas las atmósferas de almacenamiento.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto ALI98-0960-C02-02 (financiado por CICYT) y del Proyecto SC99-057 (financiado por INIA). Así mismo, los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa NUFRI, S.A.T. por el suministro de los frutos y por facilitar sus instalaciones de frigoconservación.

Bibliografía

BUTTERY R.G., SEIFERT R.M., LING L.C., SODERSTROM E.L., OGAWA J.M., TURNBAUGH J.G., 1982. Additional aroma components of honeydew melon. J. Agric. Food Chem., 30, 1208-1211.

CHEN P.M., MELLENTHIN W.M., 1981. Effects of harvest date on ripening capacity and postharvest life of 'D'Anjou' pears. J. Am. Soc. Hort. Sci., 106, 38-42.

CHEVIN CH., TRUETT J.K., 1999. Alcohol dehydrogenase expression and alcohol production during pear ripening. J. Am. Soc. Hort. Sci., 124 (1), 71-75.

ECCHER P., BALZAROTTI R., RIZZOLO A., SPADA G.L., 1993. Effect of picking date on quality and sensory characteristics of pears after storage and ripening. Acta Hort., 326, 291-298.

ELGAR H.J., WATKINS C.B., MURRAY S.H., GUNSON F.A., 1997. Quality of 'Buerre Bosc' and 'Doyenne du Comice' pears in relation to harvest date and storage period. Postharvest Biol.Technol., 10 (1), 29-37.

FELLMAN J.K., MATTINSON D.S., BOSTICK B.C., MATTHEIS J.P., PATTERSON M.E., 1993. Ester biosynthesis in 'Rome' apples subjected to low-oxygen atmospheres. Postharvest Biol. Technol., 3, 201-214.

FLATH R.A., BLACK D.R., GUADAGNI D.G., MEFADDEN W.H., SCHULTZ T.H., 1967. Identification and organoleptic evaluation of compounds in 'Delicious' apple essence. J. Agric. Food Chem., 15, 29-35.

GARCIA J.M., STREIF J., 1993. Quality and storage potential of pears. I. Influence of controlled atmosphere and ultra low oxygen storage conditions. Gartenbauwissenschaft. 58 (1) 36-41.

HANSEN K., POLL L., OLSEN C.E., LEWIS M.J., 1992. The influence of oxygen concentration in storage atmospheres on the post-storage volatile production of 'Jonagold' apples. Lebensm.-Wiss. Technol., 25, 457-461.

KE D., YAHIA E., MATEOS M., KADER A., 1994. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. J. Am. Soc. Hort. Sci., 119 (5), 976-982.

LEBLOND C., 1983. Recherches Recentes sur la Conservation des Poires 'Doyenne du Comice' du Val de Loire. XVI Congrès International du Froid, Comptes Rendus, Tome III, 215-219, IIF, Paris (Francia).

LÓPEZ M.L., LAVILLA M.T., RECASENS I., RIBA M., VENDRELL M., 1998. Influence of different oxygen and carbon dioxide concentration in storage on volatile production by 'Starking Delicious' apples. J. Agric. Food Chem., 46, 634-643.

LÓPEZ M.L., LAVILLA M.T., RECASENS I., GRAELL J., VENDRELL M., 2000. Changes in aroma quality of 'Golden Delicious' apples after storage at different oxygen and carbon dioxide concentrations. J. Sci. Food Agric., 80, 311-324.

RECASENS D.I., ROIG J., GRAELL J., 1989. The effect of harvest date on 'Flor de Invierno' pears in cold storage. Acta Hort., 256, 213-221.

RICHARDSON D.G., GERASOUPOLUS D., 1994. Controlled atmosphere recommendations for pear fruits and storage chilling satisfaction requirements for ripening winter pears. Acta Hort., 367, 452-454.

RIZZOLO A., SODI C., POLESELLO A., 1991. Influence of ethylene removal on the volatile development of 'Passa Crassana' pears stored in controlled atmosphere. Food Chem., 42, 275-285.

ROELOFS F.P.M.M., HERMON E.A.-VAN, VAN-HERMON E.A., 1994. Scrubbed CA-storage of 'Doyenne du Comice'. CA-storage improves the quality, but does not lengthen the storage life. Fruitteelt. Den-Haag, 84 (36), 12-13.

SAS, 1988. Stadistical Analyses System. User' Guide: Statistics (Version PC-DOS 6.04). SAS Institute Inc., Cary, NC, (EE.UU.).

SCHWARZ A., 1990. Trial of cold storage of pears in controlled atmospheres. II. 'Doyenne du Comice'. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic., 22 (4), 265-267.

SUWANAGUL A., RICHARDSON D.G., 1998. Identification of headspace volatile compounds from different pear (*Pyrus communis* L.) varieties. Acta Hort., 475, 605-622.

WANG C.Y., SAMS C.E., GROSS K.C., 1985. Ethylene, ACC, soluble polyuronide, and cell wall noncellulosic neutral sugar content in 'Eldorado' pears during cold storage and ripening. J. Am. Soc. Hort. Sci., 110, 687-691.

WROLSTAD R.E., LOMBARD P.B., RICHARDSON D.G. 1991. The Pear, pp. 67-96. En: Quality and Preservation of Fruits. Eskin, N.A.M. (Ed.), CRC Press Inc., Boca Raton (EEUU).

TAKEOKA G.R., FLATH R.A., MON T.R., TERANISHI R., GUENTERT M., 1990. Volatile Constituents of Apricot (*Prunus armeniaca*). J. Agric. Food Chem., 38, 471-479.

TAKEOKA G., BUTTERY R., FLATH R.A., 1992. Volatile constituents of Asian Pear (*Pyrus Serotina*). J. Agric. Food Chem., 40, 1925-1929.

TUCKER G.A., 1993. Introduction-Flavour Volatiles, pp. 1-52. En: Biochemistry of Fruit Ripening. G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucker (Eds). Ed. Chapman & Hall, Londres (Reino Unido).

YAHIA E.M., LIU F.W., ACREE T.E., 1990. Changes of some odor-active volatiles in controlled atmosphere-stored apples. J. Food Qual., 13, 185-202.

Aceptado para su publicación el 23 de enero de 2002