INVESTIGACION

Efecto del CO_2 en la atmósfera de almacenamiento del fruto sobre la calidad del aceite de oliva

Por **J.Mª García**
Instituto de la Grasa y sus Derivados (CSIC). Avda. Padre García Tejero nº 4. 41012-Sevilla. España

RESUMEN

Efecto del CO_2 en la atmósfera de almacenamiento del fruto sobre la calidad del aceite de oliva.

Se han conservado aceitunas (*Olea europaea*, cv. "Picual"), destinadas a la producción de aceite, con refrigeración a 5°C y cuatro diferentes atmósferas (% $C0_2$/%0_2/%N_2: 0/21/78; 5/20/75; 10/19/71 y 20/17/63). A 5°C, el aumento del grado de acidez experimentado por los aceites extraídos después de 60 días de almacenamiento del fruto fue proporcional al enriquecimiento de la atmósfera de conservación del citado fruto con una concentración igual o superior al 5% de CO_2. Este hecho tuvo una relación estrecha con la incidencia de podredumbre. La simple refrigeración a 5°C de la aceituna fue suficiente para retener durante 60 días en el aceite extraído la categoría comercial de "virgen extra". Los aceites obtenidos de frutos almacenados a 5°C en atmósferas enriquecidas con CO_2 presentaron menores índices de peróxidos y absorbancia ultravioleta (270 nm), pero presentaron, así mismo, olores y sabores extraños. En consecuencia, a 5°C deben ser evitadas las concentraciones de CO_2 iguales o superiores al 5% en la atmósfera de conservación de las aceitunas destinadas a la producción de aceite.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de oliva (calidad) - Aceituna - Almacenamiento -Anhídrido carbónico - Refrigeración.

SUMMARY

Effect of CO_2 in fruit storage atmosphere on olive oil quality.

Olive fruits (*Olea europaea*, cv. "Picual") were stored at 5°C and four different atmospheres (% $C0_2$/% 0_2/%N_2: 0/21/78; 5/20/75; 10/19/71 and 20/17/63). At 5°C the enrichment of the fruit storage atmosphere with concentrations of CO_2 above 5% resulted in a linear increase of the acidity of extracted oils after 60 days of fruit storage time. This fact showed a strong relationship with the appearence of fruit decay. Simple refrigeration of fruits at 5°C for 60 days was sufficient to mantain the commercial quality of "virgin extra" in oil extracted from them. Oils obtained from fruits stored at 5°C in CO_2 enriched atmospheres showed lower peroxide index and UV absorbance (270 nm), but developed off-flavor. Therefore, ≥ 5% CO_2 concentrations in storage atmosphere of olive fruits for oil production at 5°C must be avoided.

KEY-WORDS: Carbon dioxide - Olive - Olive oil (quality) - Refrigeration - Storage.

1. INTRODUCCION

La obtención de un aceite de oliva "virgen extra" es un proceso que atañe a la tecnología de postcosecha, pues, básicamente, la pérdida de calidad de un aceite virgen recién extraído responde al deterioro sufrido por el fruto durante el periodo comprendido entre su recolección y procesamiento.

La enorme producción de aceituna española alcanza una media anual de 3 millones de Tm, se realiza en un periodo de cosecha relativamente corto (Noviembre a Enero) y, principalmente, en Andalucía. Ello determina que la capacidad de procesamiento de las almazaras se vea desbordada por la producción de fruto y, como consecuencia, que la aceituna tenga que ser almacenada antes de ser molturada (Kiritsakis, 1991). Tradicionalmente, en la práctica, las condiciones de conservación de este fruto dejan mucho que desear. Se suelen acumular a la interperie en pilas denominadas vulgarmente "trojes", en donde la aceituna sufre daños físicos por compresión, presionada por el propio peso del amontonamiento. La rotura del fruto provoca la liberación de fluídos celulares que se constituyen en excelente caldo de cultivo para microorganismos parásitos tales como hongos y bacterias. Si además se tiene en cuenta que el fruto suele presentar lesiones, debido a las prácticas tan poco recomendables como extendidas del "vareo" o de la mezcla de aceitunas recogidas del árbol con las recogidas del suelo, se entenderá el por qué de la rápida descomposición de la aceituna así almacenada.

El corolario de este cúmulo de circunstancias adversas es la obtención de un aceite virgen que posee un grado de acidez, absorbancia ultravioleta e índice de peróxidos elevados, como consecuencia, tanto de la actividad externa de los microorganismos, como de los mecanismos degenerativos internos propios de la senescencia. Este aceite se caracteriza, además, por presentar un típico atributo sensorial indeseable llamado comúnmente "atrojado" (Olías et al., 1988). Como es obvio, un producto así no puede ser consumido directamente sin una refinación previa, con la consiguiente pérdida del valor comercial final y el aumento del coste de producción.

Los ensayos de conservación de aceituna de molino realizados utilizando atmósferas enriquecidas con CO_2 fueron los que ofrecieron resultados más prometedores con vistas a la obtención de un aceite virgen de calidad (Cantarelli 1965, Petruccioli et al . 1970 y García Grau

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

1990). En aceituna de mesa se han realizado estudios más sistemáticos, en los que se ha controlado la temperatura de conservación y la concentración de gases respiratorios (Maxie, 1964; Woskow y Maxie, 1965, y Kader et al., 1990). Estos autores han puesto de manifiesto que la temperatura de 5°C era la óptima para la conservación de este tipo de fruto. Sin embargo, contrariamente a lo observado en aceitunas de molino (García Grau, 1990), no se recomiendan concentraciones iguales o superiores al 5% de CO_2 para la conservación de aceitunas de mesa (Kader et al., 1990).

En el presente trabajo se estudia el efecto que la conservación de aceitunas de molino en atmósferas con concentraciones conocidas de CO_2 ejerce sobre los parámetros que definen la calidad de los aceites obtenidos posteriormente de estos frutos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Material biológico

Las aceitunas utilizadas, de la variedad "Picual", recolectadas en la provincia de Sevilla con un grado de maduración correspondiente al cambio de color de verde a púrpura, fueron suministradas por la Almazara Experimental del Instituto de la Grasa y sus Derivados.

2.2. Condiciones de almacenamiento

40 Kg de aceitunas fueron aleatoriamente distribuidos en 16 cajas de 6x30x50 cm, que fueron repartidas en cuatro contenedores adaptados para la utilización de atmósferas controladas en una cámara refrigerada a 5°C con una humedad relativa del 93%. Se emplearon cuatro diferentes atmósferas de conservación ($\%CO_2/\%O_2/\%N_2$:0/21/78;5/20/75;10/19/71 y 20/17/63), que fueron ajustadas a diario manualmente usando un analizador de gases Servomex 1400, que comprende un medidor infrarrojo para el CO_2 y un medidor paramagnético para el oxígeno.

2.3. Extracción del aceite

El aceite de oliva fue extraído por un proceso que simuló, a escala de laboratorio, el sistema utilizado en la industria almazarera (Alba Mendoza, 1975; Petruccioli y Martínez Moreno, 1975, y Muñoz Aranda, 1975). Las aceitunas en muestras de 800 g fueron trituradas en un mortero. La pasta resultante fue batida durante 1 hora, siendo posteriormente prensada manualmente y filtrada a través de dos capas de gasa para eliminar la presencia de sólidos. El zumo obtenido fue centrifugado a 3000 rpm durante 15 minutos en una centrífuga de mesa para acelerar la decantación del aceite del alpechín. El aceite, recuperado con una pipeta Pasteur, fue filtrado con papel de filtro y almacenado en oscuridad y atmósfera de N_2 a -20°C hasta su análisis. La extracción fue realizada por triplicado en cada tratamiento.

2.4. Indices físico-químicos de calidad del aceite

El grado de acidez (UNE 55011-73), el índice de peróxidos (UNE 55023-73) y la absorbancia ultravioleta (UNE 55047-73) fueron determinados por triplicado.

La presencia en los aceites obtenidos de atributos sensoriales indeseables fue evaluada por un catador experto perteneciente al panel de catadores del Instituto de la Grasa.

2.5. Análisis de ácidos grasos y riqueza grasa

20 frutos fueron seleccionados al azar de cada tratamiento en cada toma de muestras. Se tomaron 100 mg de pulpa de cada fruto con precisión de 0.1 mg y les fue añadido un volumen de 0.5 ml de una mezcla extractora de éter de petróleo y alcohol isopropílico (3/2, v/v) conteniendo un 1% de ácido heptadecanoico como patrón interno. Cada una de las muestras fue triturada en un mortero y resuspendida en 8 ml de mezcla extractora, mediante cuatro lavados sucesivos del mortero y la maja con 2 ml de la citada mezcla. Se continúa la extracción según el método descrito por Hara y Radin (1978).

La composición de ácidos grasos fue determinada por cromatografía gas-líquido de los ésteres metílicos formados según el método propuesto por Mancha y Sánchez (1981). El análisis cromatográfico fue realizado con una columna (2 m de longitud y 3 mm de diámetro interno) empaquetada con 12% de EGS en Chromosorb G de 80/100 mallas. La temperatura del horno fue mantenida a 185°C, el inyector y el detector se mantuvieron a 225°C y el flujo de gas portador (N_2) fue de 30 ml/min. La riqueza grasa fue calculada usando como referencia el peso del patrón interno de heptadecanoico.

2.6. Tratamiento estadístico

Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de la varianza. La comparación de medias de los índices físicoquímicos, de la composición acídica y de la riqueza grasa fue determinada aplicando el test de múltiple rango de Duncan con un nivel de significación del 5 %.

2.7. Humedad

El contenido en agua fue determinado por triplicado en muestras de 10 aceitunas, manteniéndolas en un horno a 105°C y pesándolas cada 2 horas hasta que se obtuvo un peso constante en dos pesadas sucesivas (aproximadamente a las 24 horas).

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Indices físico-químicos de calidad del aceite

En la Tabla I se muestra la evolución del grado de acidez de los aceites procedentes de los frutos almacenados. Como puede comprobarse no existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos durante los primeros 30 días de conservación. A los 60 días, en cambio, se registró un incremento estadísticamente significativo del citado parámetro en todos los tratamientos. Sin embargo, fue en las aceitunas conservadas en atmósfera enriquecida con CO_2, en donde este incremento se hizo más acusado. Los aceites extraídos de estos frutos presentaron grados de acidez que superaron ampliamente el valor límite establecido para el "virgen extra" (1.0 %). Por contra, los frutos conservados en atmósfera de aire durante este tiempo aportaron aceites que, en promedio, no superaron este valor límite. A los 90 días de conservación todos los tratamientos ofrecieron unos aceites con un grado de acidez que sobrepasó el límite establecido para el oliva virgen (2.0%). De las aceitunas almacenadas en atmósfera de aire se obtuvo un aceite que se podría encuadrar en la categoría de "virgen corriente". En cambio, a partir de los frutos almacenados en atmósferas con CO_2 sólo se obtuvieron aceites vírgenes de categoría "lampante" en lo que al grado de acidez se refiere. Así mismo, en esta última toma de muestra se hizo más patente el efecto negativo del CO_2. Conforme mayor fue el % de CO_2 empleado, mayor fue el grado de acidez obtenido, registrándose diferencias significativas entre los valores medios de todos los tratamientos.

Tabla I

Evolución del grado de acidez de los aceites procedentes de las aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

Tiempo de almacén (días)	Grado de acidez (%) % CO_2			
	0	5	10	20
0	0.25 aC	0.25 aC	0.25 aC	0.25 aC
15	0.34 aC	0.28aC	0.27 aC	0.30 aC
30	0.46 aC	0.41 aC	0.33 aC	0.44 aC
60	0.96 dB	2 .41 cB	2.70 bB	3.18 aB
90	2.51 dA	11.63 cA	13.76 bA	15.88 aA

Cada valor representa la media de 3 determinaciones.
Los valores de una misma fila seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).
Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

El aumento del grado de acidez en los aceites procedentes de los frutos conservados, muy probablemente, se ve asociado con la aparición de desórdenes fisiológicos inducidos por el frío a 5°C, que se vieron incrementados sinérgicamente por la presencia creciente de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento. En estos frutos afectados, posteriormente, se desarrollaron con mayor facilidad diversos tipos de hongos (Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, etc.). De esta manera, la incidencia de pérdidas por podredumbre en el fruto e igualmente al aumento del grado de acidez en el aceite que se obtuvo del mismo fue directamente proporcional a la presencia de CO_2.

El índice de peróxidos de los aceites extraídos (Tabla II) no superó en momento alguno el valor establecido como límite para el "virgen extra" (20 meq O_2/Kg aceite). Salvo en la toma de muestras realizada a los 60 días, el aceite procedente de frutos conservados en atmósfera de aire fue el que presentó valores superiores de índice de peróxidos. Precisamente en ese tiempo fue cuando en todos los tratamientos se alcanzó un valor máximo en este parámetro. Posteriormente, a los 90 días, se registró un descenso igualmente en todos los valores analizados. Normalmente el CO_2 actúa competitivamente contra el O_2 en las reacciones en que éste interviene (Goodenough y Thomas, 1981, y Plich, 1987), por tanto, no es de extrañar que se desarrolle un mayor índice de peróxidos en los aceites procedentes de frutos almacenados con mayor cantidad de O_2 y menor de CO_2 y viceversa. Sin embargo, la utilización de hasta un 20% de CO_2 en la atmósfera de conservación del fruto no aportó en la práctica ninguna ventaja notable en cuanto al control del aumento del índice de peróxidos, ya que los valores alcanzados con atmósfera de aire fueron, aunque significativamente superiores, de por sí suficientemente bajos.

Tabla II

Evolución del índice de peróxidos de los aceites procedentes de las aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

Tiempo de almacén (días)	Indice de peróxidos (meq O_2/Kg aceite) % CO_2			
	0	5	10	20
0	5.6 aD	5.6. aC	5.6. aE	5.6 aE
15	10.7 aC	8.6 bB	7.0 cD	8.8 bD
30	11.0 aC	9.2 cB	8.2 dC	10.0 bC
60	14.1 cA	16.1 aA	15.2 bA	15.9 aA
90	13.0 aB	9.0 cB	12.4 bB	13.5 aB

Cada valor representa la media de 3 determinaciones.
Los valores de una misma fila seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).
Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

La presencia en los aceites de compuestos con dobles enlaces conjugados, medida por la absorbancia a 232 nm, se muestra en la Tabla III. Durante los 30 primeros días de almacenamiento del fruto, el contenido en estos compuestos fue aumentando de forma similar en todos los tratamientos no registrándose diferencias significativas entre los mismos. A los 60 y 90 días el incremento experimentado por los aceites procedentes de los frutos almacenados en atmósfera de aire fue significativamente menor al pre-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

sentado por el resto de los aceites. Solamente a los 90 días de almacenamiento se alcanzaron valores superiores al límite establecido para el "virgen extra" (2.40) en los aceites que se obtuvieron a partir de aceitunas almacenadas con 10% y 20% de CO_2.

Tabla III

Evolución de la absorbancia a 232 nm de los aceites procedentes de las aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

Tiempo de almacén (días)	Absorbancia a 232 nm (k_{232}) % CO_2			
	0	5	10	20
0	1.10 aD	1.10 aC	1.10 aE	1.10 aE
15	1.30 aC	1.26 aC	1.30 aD	1.28 aD
30	1.40 aC	1.46 aB	1.48 aC	1.50 aC
60	1.65 bB	2.10 aA	1.96 aB	2.04 aB
90	2.11 cA	2.21 cA	2.89 aA	2.49 bA

Cada valor representa la media de 3 determinaciones.

Los valores de una misma fila seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

Las aceitunas almacenadas en atmósfera de aire presentaron aceites con valores significativamente superiores en cuanto al contenido en compuestos derivados de la degradación oxidativa de los ácidos grasos (aldehídos y cetonas) medidos por la absorbancia a 270 nm a lo largo de todo el periodo de conservación estudiado (Tabla IV) . A los 90 días de almacenamiento los aceites procedentes de todos los tratamientos superaron el valor límite establecido para el "virgen extra" (0.20). Como en el caso del índice de peróxidos, parece confirmarse que la presencia de CO_2 en la atmósfera de conservación del fruto dificulta el desarrollo

Tabla IV

Evolución de la absorbancia a 270 nm de los aceites procedentes de las aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

Tiempo de almacén (días)	Absorbancia a 270 nm (k_{270}) % CO_2			
	0	5	10	20
0	0.045 aE	0.045 aE	0.045 aE	0.045 aE
15	0.102 aD	0.089 bD	0.078 bcD	0.069 cD
30	0.126 aC	0.113 bC	0.096 cC	0.090 cC
60	0.183 aB	0.171 abB	0.165 bB	0.135 cB
90	0.471 aA	0.442 bA	0.404 cA	0.379 dA

Cada valor representa la media de 3 determinaciones.

Los valores de una misma fila seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

Tabla V

Evolución de la composición en ácidos grasos y de la riqueza grasa de las aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

		Composición en ácidos grasos (%)							
% $C0_2$	Días	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	% Grasa
0	0	12.9 aB	0.9 aB	2.5 aB	73.3 aB	8.5 aA	0.8 aB	0.4 aA	17.6 aE
0	15	12.1 cD	0.7 bD	2.4 aC	74.1 bA	6.9 bD	0.8 aB	0.5 aA	17.8 cD
0	30	12.5 bC	1.0 aA	2.7 aA	74.2 aA	7.3 bC	0.9 aA	0.5 cA	18.0 cC
0	60	12.9 abB	0.8 bC	2.5 aB	74.0 aA	8.1 bD	0.6 dC	0.4 bA	18.3 dB
0	90	13.4 cA	1.0 bA	2.7 bC	73.5 aB	8.6 aA	0.4 cD	0.2 cB	18.6 dA
5	0	12.9 aB	0.9 aB	2.5 aC	73.3 aB	8.5 aB	0.8 aB	0.4 aB	17.6 aE
5	15	12.7 aC	0.8 aC	2.5 aC	74.5 bA	7.4 aC	0.8 aB	0.5 aA	18.2 bD
5	30	12.5 bD	1.0 aA	2.7 aB	74.2 aA	7.3 bC	0.9 aA	0.5 cA	18.6 bC
5	60	12.7 bC	0.9 aB	2.2 bD	73.1 bB	9.0 aA	0.8 bB	0.5 aA	19.1 cB
5	90	13.7 bA	1.0 bA	2.8 aA	72.9 bB	8.5 aB	0.4 cC	0.3 bA	19.5 cA
10	0	12.9 aC	0.9 aB	2.5 aC	73.3 aB	8.5 aA	0.8 aC	0.4 aC	17.6 aE
10	15	12.9 aC	0.8 aC	2.4 aD	74.4 bA	7.3 aC	0.8 aB	0.5 aB	18.2 bD
10	30	13.2 aB	0.9 bB	2.6 aB	73.1 bB	7.9 aB	0.8 bB	0.6 bA	18.5 bC
10	60	13.0 aC	0.7 cD	2.4 aD	73.4 bB	8.3 bB	0.9 aA	0.4 bC	19.3 bB
10	90	14.2 aA	1.1 aA	2.9 aA	71.5 dC	8.7 cA	0.6 bD	0.3 bD	19.8 bA
20	0	12.9 aB	0.9 aB	2.5 aC	73.3 aC	8.5 aA	0.8 aB	0.4 aC	17.6 aE
20	15	12.4 bD	0.8 aC	2.4 aD	75.1 aA	7.3 aC	0.8 aB	0.5 aB	18.8 aD
20	30	12.6 bC	0.8 cC	2.7 aA	74.5 aB	7.1 bC	0.8 bA	0.7 aA	19.5 aC
20	60	12.7 bC	0.9 aB	2.4 aD	74.2 aB	8.0 bB	0.7 cC	0.4 bC	20.2 aB
20	90	14.0 aA	1.1 aA	2.6 bB	72.1 cD	8.4 aA	0.7 aC	0.5 aB	20.7 aA

Cada valor representa la media de 10 determinaciones.

Los valores de una misma variable y un mismo tratamiento con CO_2 seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

Los valores de una misma variable y un mismo tiempo de almacenamiento seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

de las reacciones de oxidación en el aceite que contiene. Sin embargo también parece claro que conservando a 5°C la aceituna se evitan en gran medida las alteraciones oxidativas que sufre el aceite durante el proceso de atrojamiento, al menos durante un periodo de dos meses en nuestras condiciones de conservación. La adición de CO_2, aunque retuvo significativamente mejor el progreso de la oxidación, no permitió prolongar por otros 30 días el carácter de «virgen extra» del aceite extraido, desde el punto de vista de la absorbancia a 270 nm.

3.2. Composición en ácidos grasos y riqueza grasa

La variación detectada en la composición de ácidos grasos (Tabla V) entre los diferentes tratamientos a lo largo del periodo de conservación del fruto fue mínima. Apenas cabe destacar pequeños aumentos en los porcentajes de ácidos grasos saturados como palmítico (16:0) y esteárico (18:0). Mientras que los ácidos grasos con insaturaciones en su cadena alifática –oleico (18:1), linoleico (18:2) y linolénico (18:3)– disminuyeron en la misma escala. En valores relativos la pérdida más importante se da en el linolénico, que en los frutos almacenados en aire o con un 5% de CO_2, se registra una reducción del 50% del valor inicial. Este resultado concuerda con el escaso nivel de oxidación encontrado en las determinaciones analíticas y con las diferencias halladas en los tratamientos, los mayores índices de oxidación fueron encontrados en los frutos almacenados con menor presencia de CO_2, que fueron, a su vez, los que registraron una pérdida mayor de linolénico.

El % de riqueza grasa aumentó a lo largo de la conservación del fruto, haciéndolo tanto más cuanto mayor fue la concentración de CO_2 utilizada. Este hecho se explica por la pérdida de humedad que experimentaron las aceitunas que sufrieron desórdenes fisiológicos inducidos por el CO_2 a baja temperatura y que fue pareja con este aumento de la proporción de grasa en el peso del tejido (Tabla VI).

Tabla VI
Evolución de la humedad presente en aceitunas almacenadas a 5°C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO_2

Tiempo de almacén (días)	Humedad (%) % CO_2			
	0	5	10	20
0	66.2 aB	66.2 aA	66.2 aA	66.2 aA
15	66.2 aB	65.8 bB	65.7 bB	65.2 cB
30	66.5 aA	65.5 bC	65.5 bB	65.0 cB
60	66.0 aC	64.8 bD	64.9 bC	64.1 cC
90	65.8 aD	64.4 bE	64.4 bD	63.4 cD

Cada valor representa la media de 3 determinaciones.
Los valores de una misma fila seguidos por la misma letra minúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).
Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra mayúscula no son diferentes significativamente según el test de Duncan (P= 0.05).

3.3. Atributos sensoriales de los aceites extraídos

En los aceites extraídos de frutos conservados en atmósferas enriquecidas con CO_2 se registró la aparición de olores y sabores ajenos a los propios del aceite de oliva virgen. Estos aceites desarrollaron un olor extraño a flores descompuestas, que se hacía más patente conforme la concentración de CO_2 era mayor. Se detecta, pues, también en aceitunas, a través del aceite extraído de las mismas, la aparición de atributos sensoriales extraños inducidos por la presencia de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento, de igual forma que se ha descrito en otros frutos (Browne et al., 1984; Kader, 1985, y Streif, 1985). A los 60 días apareció en los aceites de esta procedencia el atributo característico a la presencia de frutos infectados por hongos. Este resultado contrasta con el obtenido por Cantarelli (1965), Petruccioli et al. (1970) y García Grau (1990), si bien estos autores emplearon elevadas concentraciones de CO_2 a temperatura ambiente, sin ningún tipo de refrigeración. En cambio, coincide con lo observado en la variedad de mesa "Manzanillo" por Kader et al. (1990). A los 90 días aunque disminuyó el olor floral extraño, se pudieron distinguir claramente, además del ya citado a fruto podrido, otros atributos negativos como atrojado y avinado. Los aceites procedentes de aceitunas conservadas en atmósfera de aire no presentaron ningún atributo sensorial indeseable, incluso tras 60 días de almacenamiento del fruto. A los 90 días de conservación, en cambio, el aceite extraído de estas aceitunas presentaba indicios de enranciamiento y de podredumbre de fruto.

4. CONCLUSIONES

A 5°C, el incremento del grado de acidez que experimentaron los aceites extraídos de dicho fruto a partir de los 60 días de almacenamiento fue directamente proporcional a la presencia de CO_2, en concentraciones iguales o superiores al 5% en la atmósfera de conservación de la aceituna de molino.

El uso de CO_2, en las concentraciones ensayadas, aunque permitió retener mejor significativamente el incremento de los parámetros que determinan el grado de oxidación de un aceite, como pueden ser el índice de peróxidos o la absorbancia a 270 nm, no aportó, sin embargo, ventajas complementarias destacables a la simple refrigeración del fruto a 5°C.

La presencia de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento del fruto provoca la aparición de olores y sabores extraños en el aceite que se extrae del mismo.

La refrigeración a 5°C de la aceituna de molino permite, incluso después de 60 días de almacenamiento, la posterior obtención de aceites vírgenes de calidad extra.

BIBLIOGRAFIA

Alba Mendoza, J. (1975).-"Molienda.Batido".-En: "Manual de Elaiotecnia". FAO/INIA (Ed.).- Editorial Agrícola Española. Córdoba, España, pp. 33-43.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Browne, J . D ., Geeson, J . D . y Dennis, C. (1984) . - "The effects of harvest date and CO_2-enriched storage atmospheres on the storage and shelf-life of strawberries".-J. Hort. Sci. **59**,197-204.

Cantarelli, C. (1965).-"Nuove soluzioni al problema della conservazione delle olive: contributi sperimentali".- Riv. Ital. Sostanze Grasse **42**, 475-480.

García Grau, L. (1990).-"Atrojado de aceitunas al vacío y con atmósfera de anhídrido carbónico".- Agricultura **690**, 59-61.

Goodenough, P.W. y Thomas, T.H. (1981).- «Biochemical changes in tomatoes stored in modified gas atmospheres. II Isoenzymes involved in glycolisis and the citric acid cycle».-Ann. Appl. Biol. **98**, 517-520.

Hara, A. and Radin, N.S. (1978).- "Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent".—Anal. Biochem. **90**, 420-426.

Kader, A.A., (1985).- "A summary of CA requeriments and recommendations for fruits other than pome fruits". En: "Fourth National Controlled Atmosphere Research Conference".-North Carolina. USA. pp. 445-470.

Kader, A.A., Nanos, G.D. y Kerbel, E.L. (1990).-"Storage potential of fresh, 'Manzanillo' olives".- California Agriculture, **40**, 23-24.

Kiritsakis, A.K. (1991).-"Olive Oil"-192 pp.- Kiritsakis, A.K. (Ed.).-American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, USA.

Mancha, M. and Sánchez, J. (1981).-"Incorporation of free fatty acids into acylthioesters and lipids of developing sunflower seeds"—Phytochemistry **20**, 2139-2142.

Maxie, E.C. (1964).-"Experiments on cold storage and controlled atmosphere".- En: "The 43th. Annual Technical Report of the California Olive Association".- Davis (Cal.). USA. pp. 12-14.

Muñoz Aranda, E. (1975).-"Decantación. Centrifugación".-En: "Manual de Elaiotecnia" -FAO/INIA (Ed.).- Editorial Agricola Española. Córdoba, España, pp. 61-73.

Olías, J.M., Lozano, M.D., Ríos, J.J., Gutiérrez, F. y Gutiérrez, R., (1988).- "Determinación de ácidos grasos volátiles en aceites de oliva virgenes".- Grasas y Aceites **39** 77-81.

Petruccioli, G., Montedoro, G. y Cantarelli, C. (1970).-"Nuove prospettive nella tecnologia della conservazione delle olive destinate all'extrazione".- Riv. Ital. Sostanze Grasse **47**,150-156.

Petruccioli, G. y Martinez Moreno, J . M. (1975) .- "Extracción del aceite"-.En: "Manual de Elaiotecnia".- FAO/INIA (Ed.).- Editorial Agricola Española, Córdoba, España, pp. 43-61.

Plich, H. (1987).-"The rate of ethylene production and ACC concentrations in apples stored in low O_2 and high CO_2 concentrations in controlled atmospheres"-. Fruit Sci. Rep. **14**, 45-46.

Streif, J. (1985).- "Qualitätsprobleme bei Apfellagerung".- Obstbau **10**, 177-179.

Woskow, M. y Maxie, E.C. (1965).-"Cold storage studies with olives"-.En: "The 44^{tn} Annual Technical Report of the California Olive Association".- Davis (Cal.) USA. pp. 6-8.

(Recibido: Julio 1992)

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)